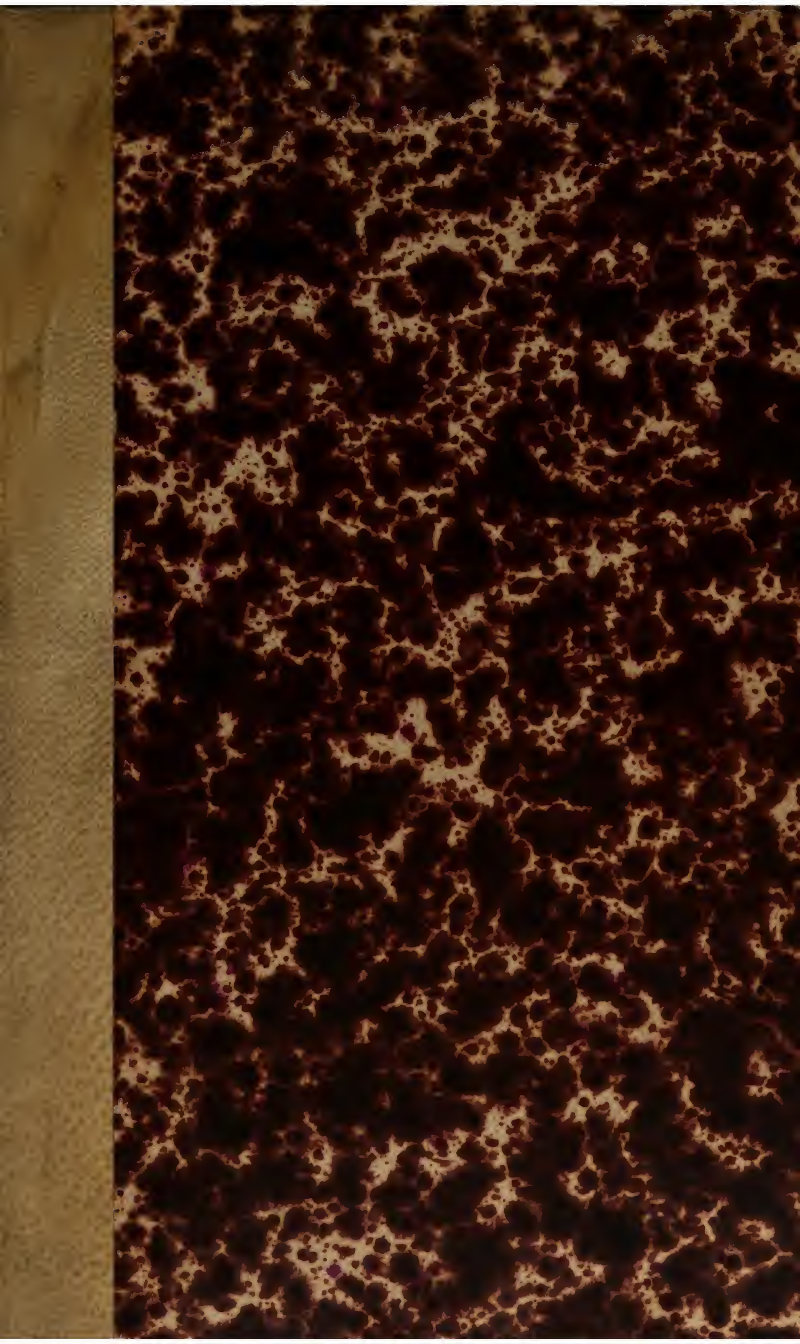
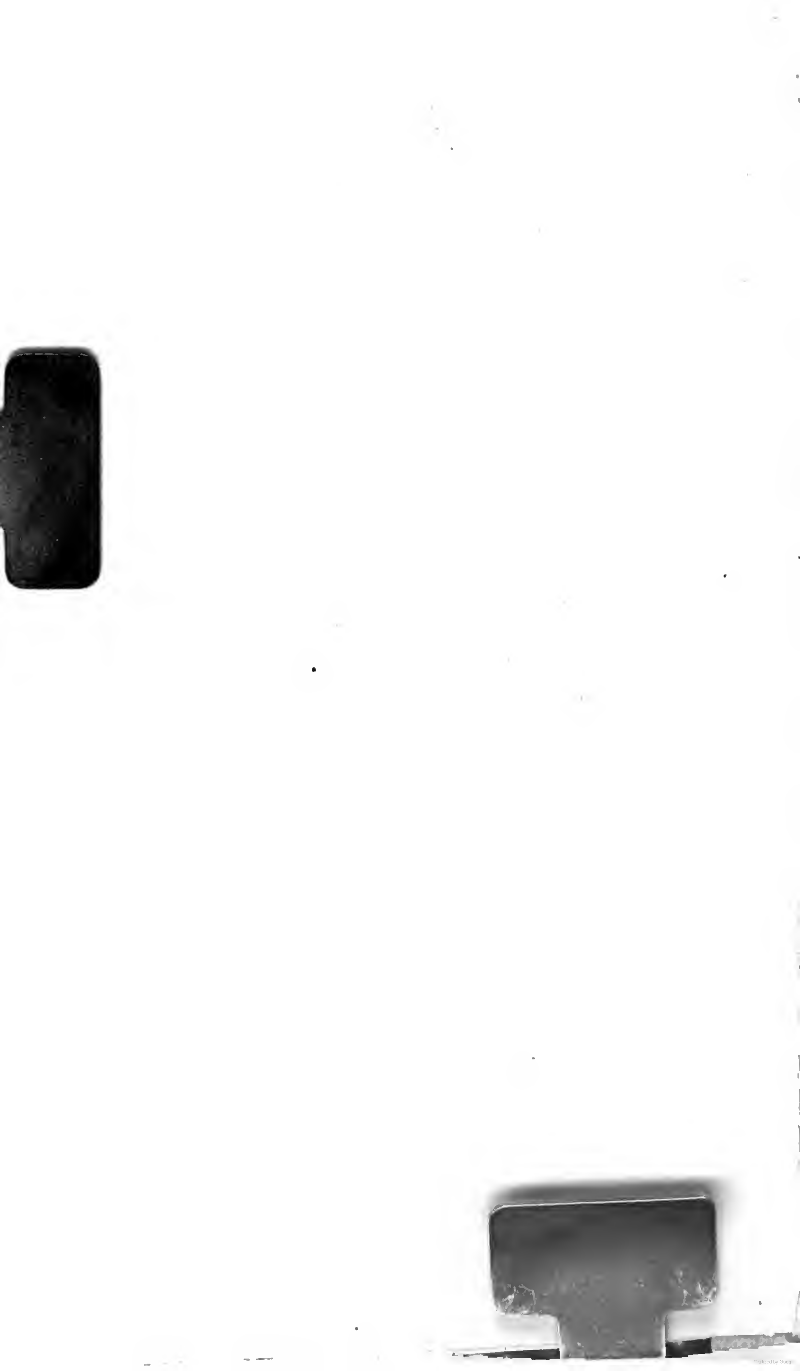




Untersuchungen

über die

Gletscher.

Druck von Gaßmann, Sohn in Solothurn.

Untersuchungen

über die

Gletscher.

Von

Louis Agassiz.

Nebst einem Atlas von 32 Steindrucktafeln.

Auf Kosten des Verfassers.

Solothurn,
In Kommission bei Jent & Gaßmann.
1841.



Den Herren

V e n e tz,

Ingenieur des Straßen- und Brückenbaues im Kanton Waadt,

und

J. v. Charpentier,

Bergwerksdirektor zu Bex.

Ihre wichtigen Arbeiten haben mich angespornt, die Gletscher unserer Alpen zu untersuchen; Ihrer Güte verdanke ich die freundschaftlichen Anleitungen, welche mich in den Stand setzten, selbstständig mit Nutzen diesen Gegenstand zu verfolgen, und ich halte es um so mehr für meine Pflicht, Ihnen die Früchte dieses Studiums zu widmen, als es mir zur Gelegenheit dient, Ihnen öffentlich die Gefühle der Achtung und Freundschaft auszudrücken, welche Sie mir eingeflößt.

L. Agassiz.

Vorrede.

Es mag wenig Erscheinungen geben, welche so sehr wie die Gletscher, verdienten, der Gegenstand ausgebreiteter Untersuchungen zu werden; und dürfte man nach der großen Anzahl wissenschaftlich gebildeter Männer, welche jährlich die Schneeberge unseres Alpenlandes besuchen und nach dem vielfachen Interesse, welches die großartigen, im Schooße unserer Berge verhüllten Erscheinungen erregen, auf das Geleistete schließen, so müßte man glauben, Nichts mehr sei unerforscht, die kleinsten Einzelheiten aufgeklärt. Und in der That, das erste Gefühl, welches sich uns aufdrängt, wenn wir uns diesen Bergkolossen mit ihren weißen Gewändern und Eisschleppen

gegenüber sehen, wenn wir den Fuß auf die vereisten Wiegen der ewigen Ströme setzen, welche von hier aus Leben und Bewegung in die lachenden Ebenen hinabbringen; dieses erste Gefühl ist eine lebhafte Wißbegierde, die nach den Ursachen und Wirkungen dieser Naturphänomene fragt, eine Wißbegierde, die ihre Gegenwart erforschen, ihre Vergangenheit kennen und ihre Zukunft enthüllen möchte. Allein die Meisten der Fremden, erschrocken vor der Menge der Fragen, welche sich aufdrängten, wollten die Zeit der Erholung, welche die Schweizerreise ihnen bieten sollte, einer unvollkommnen Lösung dieser Fragen nicht opfern, und die Eingebornen, in dieser Natur aufgewachsen, und von Jugend auf an sie gewöhnt, fanden nichts Auffallendes mehr darin und beschränkten sich meist auf eine oberflächliche Kenntniß gerade derjenigen Erscheinungen, welche mit ihrem eigenen Interesse näher verflochten waren. Zudem hatten ja ein Scheuchzer, ein Saussure diese Gegenden durchforscht, und nur eine magere Nachlese stand für die Nachfolger solcher Männer zu erwarten! Man glaubte, Alles zu wissen, vergaß darüber die eigenen Zweifel und ließ die Gelegenheiten zu fruchtbaren Studien unbenutzt, welche sich in so reichem Maße boten.

Allein die Fortschritte der Wissenschaften in unserem Zeitalter und der Geologie namentlich mußten nothwendig wieder zur Untersuchung der Alpenerscheinungen führen und die unermüdlichen Forschungen der Herren Venetz und Charpentier gaben den Gletschern von Neuem eine Bedeutung für die Naturgeschichte unseres Alpengebirges sowohl, als für die Geschichte unseres Erdkörpers im Allgemeinen, welche sie früher nicht gehabt. Unter den Händen dieser geistreichen Naturforscher, welche aus den genauesten Beobachtungen die fruchtbarsten Folgerungen zu ziehen verstanden, wurden die Gletscher der Schlüssel eines Räthsels, welches bis dahin so große Aufmerksamkeit erregt, so manche mißlungene Versuche seiner Lösung hervorgerufen hatte; ich meine das Räthsel der Fündlingsblöcke und ihres Aufenthaltes an meilenweit von ihrem Ursprung entfernten Stellen. Ein neues Interesse ward jetzt rege für das so lange brachgelegene Feld, und wenn die Untersuchungen jener beiden Männer die Wichtigkeit der Gletscher für die Geologie darthaten, so zeigten die Alpenreisen von Hugi, daß sie schon an und für sich in hohem Grade die Aufmerksamkeit der Naturforscher verdienen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen hatte ich besonders den Zweck vor Augen, den innigen Zusammenhang der Erscheinungen, welchen die Gletscher der Jetztwelt zum Grunde liegen, mit den Spuren ihrer ehemaligen Existenz und ihrer weit bedeutenderen Ausdehnung in einer früheren Epoche der Erde nachzuweisen. Hiezu bedurfte ich einer genauen Kenntniß der jetzigen Gletscher, des Einflusses, welchen die atmosphärischen Agentien auf sie ausüben und der Einwirkung, welche der Boden, auf dem sie ruhen, erleidet. Mehrfache neue Thatsachen, welche mich meine Untersuchungen kennen lehrten, viele abweichende Erklärungen, welche die genauere Einsicht in die durch die Gletscher bedingten Erscheinungen mir aufdrang, wird man in diesem Buche finden; doch habe ich in Hinsicht der letzteren, um alle, auf mangelhafte Beobachtung von meiner Seite gestützte Einwendungen zu vermeiden, stets vorgezogen, sie wo möglich durch von bewährten Männern beobachtete Thatsachen, zu unterstützten, und diesen, wenn sie als wahrhaft und genau betrachtet werden konnten, den Vorzug vor den meinigen zu geben. Ich biete hier die Früchte eines fünfjährigen Studiums. Ich lege einigen Werth darauf, zu bekennen, daß die Resultate, welche ich hier aufzeichne, die Schlüsse,

welche ich auf meine Beobachtungen gestützt, oft und wiederholt den Gegenstand lebhafter Diskussionen mit den Freunden, welche mich auf meinen Ausflügen begleiteten, bildeten; — alle Flüge der Phantasie, alle zu kühn gewagten Ansichten, welche nicht auf sicher beobachteten Grundlagen beruhen, werden bei solchen gemeinschaftlichen Untersuchungen gar bald in engere Schranken zurückgewiesen, die Verirrungen des Einzelnen schnell von den Andern auf den richtigen Weg zurückgeführt und ich darf es sagen, wenn meine Beobachtungen vollständiger als die meiner Vorgänger erscheinen sollten, so verdanke ich diesen Vortheil größtentheils der strengen und nachsichtslosen Kritik meiner Freunde.

Ich bin weit entfernt, zu glauben, meinen Gegenstand erschöpft und das letzte Wort in dieser Sache gesprochen zu haben. Im Gegentheile kann ich nichts so sehr wünschen, als daß man sich selbst überzeugen möge, wie Viel noch in jenen Regionen zu sehen, zu untersuchen, zu erfahren sei. Je eifriger man forschen, desto fruchtbarere Resultate, von wahrem Gewinn für die Wissenschaft, wird man erhalten; davon hat mich ein längerer dießjähriger Aufenthalt auf dem Eismeere des Finsteraarhorns von Neuem überzeugt.

Die deutsche Bearbeitung dieses gleichzeitig französisch erschienenen Werkes verdanke ich meinem Freunde Dr. Carl Vogt.

Grimselhospiz, den 20. August 1840.

L. Agassiz.

Erstes Kapitel.

Historischer Ueberblick.

Gar manche Schriftsteller haben an den Gletschern ihre Feder versucht, nur Wenige aber ihren Gegenstand in seinem ganzen Umfange studirt und nach allen Seiten hin zu erörtern sich bestrebt; die Meisten beschränkten sich darauf, einzelne zerstreute Beobachtungen aufzuzeichnen und Notizen mitzutheilen, welche oft kaum mit den wichtigsten und interessantesten Verhältnissen der Gletscher in Beziehung standen. Von einer vollständigen, unpartheiischen Würdigung alles dessen, was Einzelne in diesem Felde der Naturforschung geleistet, kann daher vor der Hand schon deshalb nicht die Rede sein, weil gerade die wichtigsten Erscheinungen, auf welchen eine gründliche Kenntniß unseres Gegenstandes beruhen muß, keineswegs gehörig aufgeklärt, sondern durch die widersprechendsten Angaben noch immer in tiefes Dunkel gehüllt sind. Was daher leicht wäre bei vorgerückterem Stande unserer Kenntnisse, die Angaben und Behauptungen Einzelner über die Gletscher

ihrem inneren Werthe nach zu zergliedern, einander gegenüber zu stellen, zu bekräftigen oder zu widerlegen, wird hier, wo die Hauptfragen noch ihrer Lösung entgegen harren, unnütz und sogar unmöglich. Noch weniger werde ich über die mannichfachen Hypothesen mich aussprechen, welche, in Ermangelung von Thatsachen, hie und da von den Autoren aufgestellt wurden. Ich werde mich darauf beschränken, die Thatsachen aufzuführen, welche die Hauptschriftsteller über Gletscher in ihren Werken aufgezeichnet haben, und so viel wie möglich ihre eigenen Worte wiedergeben. Da in den einzelnen Kapiteln oft genug Einer oder der Andere dieser Schriftsteller erwähnt werden muß, so braucht dann der Leser, will er vergleichen, nicht lange nach den, eine besondere Erscheinung beschlagenden Stellen zu suchen, sondern hat sogleich das Mittel an der Hand, im Buche selbst die Angaben und Schlüsse Anderer mit den meinigen zu vergleichen. Vereinzelte, besondere Punkte betreffende Angaben von Schriftstellern, welche nicht den Gegenstand in seinem ganzen Umfange zu erschöpfen gesucht, können nicht hier, sondern nur in den Kapiteln eine Stelle finden, welche diese besonderen Punkte ausführlicher zu erörtern bestimmt sind.

Scheuchzer, der berühmte Züricher Naturforscher, auf den die Schweiz mit Recht stolz ist, ein Mann, eben so bescheiden in seinem Auftreten, als kühn in seinen Schlüssen, ist der Erste, welcher den Gletschern, als einer ausgezeichneten Erscheinung im Gebiete der allgemeinen Physik, eine besondere Aufmerksamkeit schenkte. Wenige Seiten nur seines Gegenstandes ließ er unbeleuchtet,

die meisten behandelte er mit großer Ausführlichkeit und erhöhte den Werth seiner eigenen Erfahrungen noch durch eine genaue und gewissenhafte Uebersicht alles dessen, was vor ihm über die Gletscher geschrieben worden war. Viele seiner Ansichten haben nicht nur bei den Gelehrten, sondern selbst im Volke Wurzel gefaßt, und sind später von Andern als neue Resultate eigener Beobachtungen wiedergegeben worden. Ein Auszug desjenigen Kapitels aus seinen Alpenreisen, welches den Gletschern gewidmet ist, wird sowohl das, was er geleistet, an das Licht stellen, als auch das frühere, vor ihm bekannte, kennen lehren, da er mit gewohnter Gründlichkeit die Beobachtungen und Ansichten seiner Vorgänger darin behandelt.

Scheuchzer schreibt mit Simler die Entstehung der Gletscher den Schneeanhäufungen auf den Hochgebirgen zu; er unterscheidet sehr genau den Firn von den Gletschern im engeren Sinne des Wortes *); er beschreibt die Verschiedenheiten, welche die Gletscher, je nach Lage und Höhe der Gebirge, welche sie bekleiden, in Form, Höhe, Länge, Ansehn u. s. w. darbieten. Ferner erwähnt er Hottingers Beobachtungen **) über Schichtung und Vermehrung der Gletscher, so wie über ihr Vor- und

---

*) *Simler*, de Alpibus S. 74 (Edit. Elzevir., p. 193) sagt sehr kurz und treffend: Porro inveteratas illas nives nostri homines *Firn* vocant. Est autem nix hæc dura quidem et aliqua ex parte congelata, sed nondum nivis naturam exuit; quæ vero soluta et congelata, neque jam nix sed glacies est, ea *Gletscher* a nostris vocatur.

**) Ephemerides Acad. nat. curios. 1706, pag. 41.

Rückwärtsschreiten. Weiter spricht er von der Reinheit des Gletschereises und bestätigt Simlers Ansicht, welcher zuerst behauptete, der Gletscher stoße allmälig alle fremde Körper, welche in seine Spalten fallen, auf der Oberfläche wieder aus. Er schreibt ihnen schon eine vorwärtsschreitende Bewegung zu, und führt als Beweis hiefür die Kapelle der heil. Petronilla im Grindelwald an, welche mit den umgebenden Häusern, Bäumen, Stallungen und Weiden von dem Gletscher ergriffen und weggeschoben wurde, so daß die Bewohner gezwungen waren, anderwärts ein Obdach zu suchen. Scheuchzer erkannte ganz richtig die Ursache dieses Vorschreitens in der Ausdehnung des Gletschers, welche seiner Ansicht nach durch die Infiltration und das Gefrieren des Wassers in den Spalten und andern Zwischenräumen des Gletschers bedingt wird. *) Dann spricht er von den Schründen,

*) «Addunt modum veluti progressivum, quo terminos suos magis magisque soleant protendere, et exempli loco afferunt Divæ Petronellæ sacellum, in Grindelia valle, glacie totum opertum, et sede sua depulsum, quæ adhuc dum digitis demonstrari solet, terram item adjacentem, una cum arboribus, casis, stabulis et pascuis remotam, ut incolæ aliorsum casas suas migrare necesse habuerint. Progressivi hujus accrementi et effectuum hinc dependentium causa non miraculo alicui, quod verum physicarum impiriti somniant, sed omnino causis naturalibus adscribi debet. Solet nempe aqua a tergo montium rupiumve glacialium defluens, vel in fissuris ipsis et interstitiis aliis glacialibus collecta et

welche er wohl von den Spalten und andern Räumen im Gletschereise unterscheidet, und behauptet, die Schründe bildeten sich besonders im Sommer und Frühling, oder wenn ein plötzlicher Temperaturwechsel die Luftblasen, deren das Gletschereis sehr viele enthalte, stark ausdehne. *) Wir werden in der Folge sehen, daß unter den hauptsächlichsten Erscheinungen, welche mit den Gletschern in

---

utrobique conglaciata, quoniam amplius in hoc statu requirit spatium (contestantibus id experimentis circa frigus et glaciem institui solitis) undiquaque premere et eam quidem glaciei partem, quæ liberum aerem respicit et pascua declivia actu ipso propellere, et una cum gladie arenam, lapides, saxa etiam grandiora, quo ipso hyperbolica illa purgatio simul explicari, et facile intelligi potest.» *Scheuchzer*, Iter alpinum quartum; pag. 287, edit Lugd. Batav.

*) «De montibus his glacialibus insuper observari meretur eos sæpe *rimas agere*, et rumpi tacito quidem impetu, ut terra tremere et montes ipsi ruere videantur. Fit hoc præcipue verno tempore, et æstivo, vel etiam imminente quavis aeris frigidi in calidum et humidum mutatione, quando nempe aer bullis glaciei (notandum ὡς ἐν παρόδῳ montanam nostram glaciem bullulis esse refertissimam) incarceratus et condensatus, vim suam elasticam potius exercere, quam rarescere incipit, tanto magis autem quo debilior est vis contrapremens aeris externi. Non potest autem hæc expansio aeris clausi contingere, absque quod abrumpantur cum fremitu et sonitu parietum regidiorum, tanto fortiori, quo crassior adque profundior est frusti glacialis diffringenda moles.»

Verbindung stehen, nur die Moränen und Felsenschliffe der besonderen Aufmerksamkeit Scheuchzers entgingen.

Gruner, in seinem großen Werke über die schweizerischen Gletscher *), bringt nicht viel Neues darüber vor. Er beschreibt sie viel mehr ihrer äußeren Erscheinung nach, als daß er ihre Struktur und Bildung untersuchte, und Alles was er über Ursprung, Zusammensetzung, Form, Bewegung, Lage derselben u. s. w. angibt, ist nur eine Erweiterung dessen, was Scheuchzer und seine übrigen Vorgänger, unter welchen Altmann besondere Berücksichtigung verdient, schon längst gelehrt; seine Erklärung der Eispyramiden ist durchaus falsch; die Specialangaben über die Modifikationen des Eises in den Alpen größtentheils ungenau. Die Schründe schreibt er dem Gewichte der Gletschermassen und der Spannung der Luft und des Wassers zu, die sich darunter anhäufen. Die Vermehrung der Gletscher erklärt er auf folgende Weise: Die anwachsenden Eisströme stopfen den Ausfluß der Thäler und stauen das Wasser hinter sich, welches endlich über

*) Beschreibung der Eisgebirge des Schweizerlandes von Gruner, 3 Bde. in 8. Bern 1760.

Unter dem Titel: «Histoire naturelle des Glacières de Suisse, par *Grouner*», 1 Vol. in-4°. Paris 1770, ist eine Uebersetzung dieses Werkes von einem gewissen de Keraglio erschienen; eine jämmerliche Verstümmelung des Originals, welche namentlich in Beziehung auf Ortsnamen, durch die lächerlichsten Mißverständnisse, eine nicht geringe Unwissenheit an den Tag legt.

das Eis wegfließt, gefriert und so die Eismasse von oben vermehrt, während unten, an der Thalsohle, sie fortwährend durch Abschmelzen verliert. Er ist zugleich der Erste, welcher die Gletscherbewegung einem Rutschen auf dem Grunde, durch das Gewicht ihrer Massen und das Schmelzen auf den Seiten bedingt, zuschreibt. Diese Behauptung ist eine natürliche Folge der falschen Ansicht, welche Gruner sich über Wachsthum und Abschmelzen der Gletscher gebildet hatte. Der Moränen erwähnt er nur im Vorbeigehen, und legt wenig Gewicht auf ihre Bildung und Bewegung. Dagegen sind seine Angaben über das wechselnde Vor- und Rückschreiten des Grindelwaldgletschers, innerhalb der Jahre 1540—1750, außerordentlich merkwürdig und interessant.

Mit mehr Fleiß und Ausdauer als alle seine Vorgänger und Nachfolger hat de Saussure die Gletscher untersucht. Fast alle schweizerischen Gletscher kannte er aus eigener Ansicht; die Eismeere des Montblanc, Monte-Rosa und des Berner Oberlandes hat er besucht, und sein unermüdlicher Eifer für die Naturgeschichte der Alpen ließ ihn Wege nach den höchsten Gipfeln finden zu einer Zeit, wo die jetzt besuchtesten Thäler den Städtern fast unzugänglich erschienen. Die zahlreichen Beobachtungen, welche er in seinen wiederholten Bergfahrten sammelte, bilden noch heute die Grundlage unserer Kenntnisse über die Gletscher *), und keine wichtige Erscheinung, kann

*) Voyages dans les Alpes, par *H. B. de Saussure*, 4 vol. in-4°. Neuchatel 1803.

man sagen, ist ihm entgangen. Leider baute er zu sehr auf Gruner und entlehnte diesem verschiedene Ansichten, die ich für falsch halte, wie namentlich seine Erklärung der Gletscherbewegung.

Er suchte zuerst die Dicke der Gletscher zu bestimmen und fand sie zwischen 80—100 Fuß am Glacier des Bois. Ihre Entstehung erklärt er auf dieselbe Weise wie Scheuchzer und Simler, und unterscheidet mit ihnen den Schnee der Hochgebirge von den eigentlichen Gletschern. Unter den Agentien, welche die Verminderung der Gletscher bedingen, zählt er Sonnenschein, Regen, warme Winde und Verdunstung der Oberfläche auf; das wichtigste aber ist ihm die innere Erdwärme. Dieser hauptsächlich schreibt er das Schmelzen der Gletscher, die Bildung der Ströme unter dem Eis, so wie die Verminderung der unteren Schneelager zu, deren Schichtung er vom Jahreswechsel bedingt glaubt. Er bekennt sich zu der Ansicht, daß das Gewicht ihrer Eismassen die Gletscher in die tiefen Thäler hinabziehe, wo die Wärme der Witterung zu ihrer Schmelzung hinreiche, ja er versichert: „diese Eismassen, fortgezogen durch die Neigung des Thalbodens, auf dem sie ruhen, werden durch das Gewässer aus den Verbindungen, welche sie mit der Thalsohle eingegangen haben könnten, gelöst, zuweilen selbst emporgehoben, und müssen so der Richtung der Thalneige nach, in die tieferen Ebenen hinabrutschen.“ Wir werden sehen, daß die Thatsachen keineswegs mit dieser Saussure'schen Erklärung der Gletscherbewegung übereinstimmen, sondern daß wir hier, wie in manchen

anderen Punkten, auf Scheuchzers Ansichten zurückkommen müssen.

Saussure hat zuerst mit Aufmerksamkeit die Moränen, ihre Bildung, Anordnung, Bewegung und die Form ihrer Gesteine verfolgt; doch hat er nur die Seitenmoränen begriffen; seine Erklärung der Mittelmoränen hingegen ist durchaus verunglückt, und die einzig richtige, welche durch alle Thatsachen bestätigt wird, weist er von vorn herein von der Hand. Wohl aber verdankt man ihm zuerst den glücklichen Einfall, die Moränen als Mittel zur Bestimmung der verschiedenen Ausdehnung und des Vor- und Rückschreitens der Gletscher zu benutzen; er hat selbst durch den Nachweis der verschiedenen concentrischen Endmoränen des Glacier des Bois seine Ansicht zu begründen gesucht, ohne jedoch zu den wichtigen Schlußfolgen zu gelangen, welche seine Nachfolger daraus zogen. Daß die Gletscher alles Bewegliche, welches sie in ihrem Laufe antreffen, vor sich wegstoßen, hat er wohl bemerkt; aber die Glätte des Felsgrundes der Gletscherthäler ihren Bewegungen zuzuschreiben, ist ihm nicht in den Sinn gekommen. Die richtige Erklärung der Gletschertische dagegen verdanken wir ihm.

Hugi *) hat sich besonders dem Studium der schweizerischen Central-Alpenkette gewidmet. Eben so kühner Bergsteiger als eifriger Geologe, beschränkte er sich bei seinen Gletscheruntersuchungen nicht, wie so viele Beobachter

*) Naturhistorische Alpenreise von F. J. Hugi. Solothurn 1830.

auf die Thalausgänge derselben, sondern stieg zu ihren Ursprüngen hinauf, und sammelte so eine Menge neuer Beobachtungen, welche seinen Vorgängern entgangen waren. Alles, was er über die Struktur der Gletscher, die Verschiedenheit ihres Eises in verschiedenen Höhen, über die Verhältnisse der Firnlinie, welche er mit Genauigkeit zu bestimmen suchte, beibringt, ist das Resultat neuer, ihm eigener Beobachtungen, welche Niemand vor ihm so sehr ins Einzelne verfolgt hatte, und wenn auch mehrere wichtige Fragen über Bildung und Struktur der Gletscher von ihm ungelöst blieben, so ist das Studium seines Werkes doch für jeden, der die Gletscher genau kennen lernen will, unerläßlich.

Hugi suchte eine unveränderliche Grenzlinie zwischen den Firnmassen der Hochkuppen und den eigentlichen Gletschern nachzuweisen, welche er die Firnlinie nennt; er theilt zahlreichere Angaben, als man besaß, über die Mächtigkeit der Gletscher mit. Er hebt das rauhe körnige Ansehen der äußeren Oberfläche und die Glätte der unteren Fläche der Gletscher besonders hervor, und behauptet, der Gletscher ruhe auf dem Grund auf Pfeilern, zwischen welchen sich unregelmäßige Gewölbe hinzögen, und sei nicht durchaus mit dem Grunde zusammengefroren. Er setzt aber hier die Ausnahme für die Regel. Viele, den Aelplern wohl, sonst aber fast durchaus unbekannte Thatsachen über die Farbe der Gletscher bringt er bei. Als Ursache ihrer Bewegung nimmt er eine Art organischer Thätigkeit, eine innere Ausdehnung der Gletschermassen an, die er weiter nicht erklärt, spricht sich aber gegen die Annahme des

Rutschens sowohl, als der durch physikalische Ursachen bedingten Ausdehnung des Eises aus; mit Unrecht behauptet er die ausschließliche Abnahme der Gletscher und Firnmassen auf ihrer Unterfläche.

Die eigenthümliche Struktur des Hochfirnes schreibt er der Trockenheit der Luft in den höheren Regionen zu; über die Umwandlung der Firnmasse in Gletschereis, gibt er schöne, zahlreiche Beobachtungen. Die Schründe erklärt er durch die Spannung der verschiedenen Eisschichten und eine Art polaren Gegensatzes, welcher, nach ihm, zwischen der Ober- und Unterfläche der Gletscher existiren soll; er unterscheidet demgemäß zwei Arten von Schründen: Tagspalten, welche nur bei Tag und im Sommer von oben nach unten sich einreißen und Nachtspalten, welche im Winter und bei Nacht unter dem Gletscher in der Richtung von unten nach oben entstehen sollen. Niemals sollen die Spalten eine Moräne durchsetzen.

Seine Angaben über die Moränen sind sehr unvollständig und selbst ungenau; die Verdunstung des Eises will er nicht als Grund der Erhebung der Guffer über die übrige Gletscherfläche angesehen wissen; seine Erklärung der kleinen Löcher, worin man oft Steinchen, Insekten und selbst Blätter findet, scheint mir sehr unwahrscheinlich. Er betrachtet das Auswerfen fremder Massen auf die Oberfläche als eine Art organischer Thätigkeit, ohne sich näher in deren Erläuterung einzulassen. Voll Interesse aber sind seine Angaben über das Vor- und Rückschreiten der Gletscher.

Auffallend ist es, daß Hugi, der so oft die abgerundeten Felsen in der Nähe der Gletscher beobachtete, nicht darauf verfiel, sie der Bewegung derselben zuzuschreiben; er scheint diese Bauchgestalten, wie er sie nennt, als einen eigenthümlichen Charakter des granitischen Gesteines, an welchen er sie am häufigsten beobachtete, zu betrachten. Da er mehr die Struktur der Gletscher selbst als die Moränen untersuchte, so ließ er die alten Moränen gänzlich außer Acht. Desto gründlicher und ausführlicher aber wurden diese alten Moränen von den Herren Venetz und von Charpentier studirt.

Venetz, damals Ingénieur en chef des Kanton Wallis, las im Jahre 1821 in der Versammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft eine Abhandlung über die Variationen der Temperatur in den schweizerischen Alpen, welche aber erst im Jahre 1833 im zweiten Theile des ersten Bandes der „Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften" veröffentlicht wurde.

Eine Reihe höchst merkwürdiger Thatsachen über den Gang der Gletscher findet man hier mitgetheilt. Der Verfasser weist zuerst schlagend die ungeheure Ausdehnung der Gletscher in früheren Zeiten nach *); er be-

*) Ich weiß zwar recht wohl, daß Brard im 19. Bd. des Dictionnaire des sciences naturelles Artikel Glacier erzählt, ein Führer von Chamouni, Namens Deville, habe ihm sonderbare Ansichten über die Gletscher geäußert und behauptet, gewisse, weit von den heutigen Moränen ent-

spricht zuerst die alten Moränen, welche oft in sehr beträchtlichen Entfernungen von den Gletschern sich finden, und deren Ursprung sich in die graue Vorzeit verliert. Die Thatsachen über das Vor- und Rückgehen der Gletscher in ziemlich engen Gränzen, sind für den Verfasser Erscheinungen aus der geschichtlichen Zeit. Zwar hatte schon Saussure alte Moränen beschrieben, welche nicht mehr am Rande der heutigen Gletscher ruhten, sondern mehr oder minder vom Thalende derselben, entfernte concentrische Gürtel darstellten; allein man schien seine Angaben so durchaus vergessen zu haben, daß ich selbst von unbedingten Vertheidigern der Saussure'schen Ansichten ihre Richtigkeit läugnen hörte, obgleich gerade von einem der häufigst besuchten Gletscher, dem Glacier des Bois im Chamounithale diese alten Moränen von Saussure beschrieben wurden.

Venetz's Untersuchungen sind um so wichtiger und seine Angaben verdienen um so mehr Glauben, als sie außer allem Einfluß von theoretischen Ansichten und Systemen gesammelt wurden. In seiner ersten Abhandlung berichtet er nur einfach die Thatsachen und erst 10 Jahre

---

fernte Blöcke seien von den Gletschern dorthin gebracht; ich weiß auch, daß Playfair behauptete, Gletscher hätten die erratischen Blöcke an ihre jetzigen Fundorte geschoben; allein alle diese Ansichten waren vergessen, bis Venetz durch zahlreiche Beobachtungen und unwiderlegliche Thatsachen ihnen eine wissenschaftliche Begründung verlieh.

später brachte ihn die Ansicht der erratischen Blöcke in den niedern Alpenthälern auf den Gedanken, ihren Transport den Gletschern zuzuschreiben. Früher schon hatte Venetz sehr genügend das Auswerfen fremder Körper, welche durch die Schründe oder auf andere Weise in die Gletscher gerathen, erklärt *).

J. von Charpentier, welcher lange Zeit die Meinung seines Freundes Venetz nicht theilen wollte, ward bald, als er die Thatsachen, die ihnen zu Grunde liegen, untersucht und ihre vollkommene Richtigkeit erkannt hatte, aus einem Gegner der eifrigste Vertheidiger der neuen Ansichten, und war selbst der Erste, der sie veröffentlichte. Indeß beschränkte er sich nicht nur darauf, der Verbreiter dieser Ansichten zu sein, er entwickelte sie ferner durch neue Beobachtungen und Thatsachen und die Untersuchung der polirten Felsflächen, die er zuerst weiter verfolgte, ward unter seinen Händen ein neuer Beweis für die Richtigkeit der Schlüsse, welche Venetz aus seinen Beobachtungen gezogen. Charpentier fügte noch interessante Notizen über die kleinen Seen, die sich oft an den Seiten und dem Thalende der Gletscher bilden, und über die eigenthümlichen Erscheinungen, welche diese kleinen Seen bedingen, bei. Von den gewonnenen Thatsachen ausgehend, behauptete er, die Gletscher hätten früher bis zum Jura gereicht und die Fündlingsblöcke dorthin getragen, die man auf dem Abhange dieses Gebirges antrifft.

*) Verhandlungen der helvetischen naturforschenden Gesellschaft von 1816. Bern. 8.

Im achten Bande der «Annales des Mines» und im ersten Bande der „Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde von Fröbel und Heer" hat Charpentier seine Theorie weitläufiger entwickelt.

Es ist hier nicht der Ort, die übrigen über den Transport der erratischen Blöcke aufgestellten Hypothesen zu durchgehen; ich verschiebe dies auf das Kapitel, welches von diesem Gegenstande handeln wird. Gerade die große Verschiedenheit der Meinungen unter den Geologen in dieser Hinsicht, brachte mich auf das Studium der Gletscher. Die Theorien Charpentiers, die er nur kurz in den Notizen, welche er veröffentlicht, entwickelt hatte, fanden bei mir damals wenig Glauben, während die Hypothese der Ströme, die so allgemein angenommen war, mir die Erscheinungen weit einfacher zu erklären schien. Ja, ich hegte selbst einigermaßen die Hoffnung, Herrn von Charpentier auf seinem eigenen Boden zu schlagen und ihn von seinen, in meinen Augen etwas überspannten Ansichten zurückbringen zu können. Ich begab mich deshalb im Sommer 1836 nach Bex und verwandte 5 Monate beinahe ausschließlich auf das Studium der Gletscher und der durch sie bedingten Erscheinungen. Ich müßte jede Exkursion, die ich mit meinem verehrten Freunde machte, weitläufig erzählen, wollte ich auseinandersetzen, wie nach und nach meine Ansichten über die erratischen Blöcke sich änderten. Er selbst zeigte mir bei unseren zahlreichen Ausflügen jeden interessanten Punkt der Gegend, die er so genau und mit so großem Erfolge studirt hat; wir besuchten zusammen die Gletscher

des Passes der Diablerets, des Thales von Chamouni, die Moränen des Rhonethales so wie der Haupt-Seitenthäler des Wallis und viele der klassischen Orte in jener interessanten Gegend besuchte ich zu wiederholten Malen, um auch andere Freunde, die ich zur Besichtigung der merkwürdigen Erscheinungen, auf welche von Charpentier meine Aufmerksamkeit gelenkt, eingeladen hatte, von meiner neu gewonnenen Ansicht zu überzeugen.

Bis dahin waren die aufgefundenen Beweise für eine größere Ausdehnung der Gletscher in früherer Zeit, auf die inneren Alpenthäler selbst beschränkt und das Becken des Genfersees war ihre äußerste Grenze. Allein bei meiner Rückkehr nach Neuenburg im Monat Dezember, erkannte ich sogleich, daß die sogenannten Waschflächen des Jura (laves der französischen Bewohner dieses Gebirges) denselben Ursachen ihr Dasein verdanken, wie die Felsenschliffe der Alpenthäler, nämlich dem Eise. Im Winter 1836—1837 theilte ich in einer Reihe öffentlicher Vorlesungen die bis dahin gewonnenen Resultate einem größeren Publikum mit, und durch meine Eröffnungsrede als Präsident der in Neuenburg im Jahre 1837 versammelten allgemeinen schweizerischen Gesellschaft der Naturwissenschaften, wurden auch die Naturforscher mit meinen Ansichten bekannt. *) Seither habe ich ohne Unterlaß, im Jura wie in den Alpen, den mir lieb gewordenen

*) Actes de la Soc. helv. des sc. nat. Session de 1837. Neuchâtel. 8°.

Gegenstand verfolgt. Im Herbste 1837 wandte ich mich zu den Felsenschliffen des waadtländischen, solothurnischen und aargauischen Jura und besuchte aufs Neue das Rhonethal. Im Jahre 1838 wurden die Gletscher und Felsenschliffe des Berner-Oberlandes und des Oberwallis, und etwas später die des Thales von Chamouni untersucht. Bei der Versammlung der Société géologique de France in Pruntrut im Herbste desselben Jahres *), erwähnte ich besonders der polirten Felsen des Haslithales als der merkwürdigsten, die ich bis dahin kennen gelernt hatte. Endlich im Jahre 1839 verband ich mich mit Studer und mehreren Freunden zu einem neuen Ausflug ins Berner-Oberland und das Oberwallis; die große Moräne von Kandersteg, die H. Guyot schon bemerkt hatte, die ausgebreiteten Karrenfelder der Gemmi, das Visptthal und die so merkwürdigen Gletscher von Zermatt, boten neuen reichen Stoff zur Untersuchung und Belehrung dar. Mein Freund Desor, der mich auf allen Ausflügen der Jahre 1838 und 1839 begleitete, hat schon im Maihefte der Bibliothèque universelle de Genève vom Jahre 1840 das Tagebuch unserer Reise in die Gletscher des Monte-Rosa und des Matterhorns veröffentlicht, und ich kann, in Hinsicht der neuen Thatsachen, die uns diese Reise in so reichem Maße bot, auf diesen Aufsatz verweisen.

In verschiedenen Blättern sind seit einiger Zeit Aufsätze erschienen, welche mehr oder minder den neuen An-

*) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 9. S. 449.

sichten über die Gletscher huldigen *); aber die interessantesten Beobachtungen, die ganz unerwartet kamen, sind gewiß die, welche Professor Renoir neuerdings bekannt gemacht hat **) und welche das frühere Dasein von Gletschern in der Kette der Vogesen beweisen. ***)

So reihen sich stets mehr und mehr Thatsachen zusammen, welche, in Verbindung mit den in England und Schweden beobachteten Felsenschliffen und der Auffindung ganzer, wohlerhaltener Mammuthe in den Eismassen Sibiriens, das Vorhandensein einer Eiszeit zu beweisen scheinen, welche zwischen unserer jetzigen Periode und der sogenannten Diluvialepoche der Erdbildung herrschte.

---

*) Studer im Bulletin de la société géologique de France. Bd. 11. S. 49. Arnold Escher von der Linth in Leonhard und Bronn Jahrbuch 1840. Brief an H. Bronn.

**) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 11. S. 53.

***) Während dem Lesen des ersten Abdrucks dieses Bogens kommen mir zwei neue Werke, über die Gletscher handelnd, zu: « Notice sur les glaciers, les moraines et les blocs erratiques des Alpes », par M. Ch. Godeffroy; Génève 1840. 8°, und «Naturschilderungen aus den höchsten Alpen» von Ch. M. Engelhardt, Basel 1840, 8. mit einem prachtvollen Atlas in Folio. Ich werde später auf den Inhalt zurückkommen.

Zweites Kapitel.

Die Gletscher im Allgemeinen.

Es hält ungemein schwer, sich einen richtigen Begriff von den Gletschern zu bilden, ohne sie gesehen zu haben. Allein auch eine flüchtige Ansicht auf der Durchreise reicht zu ihrem Verständniß bei weitem nicht aus, denn eine Masse von Einzelheiten, welche stets berücksichtigt werden müssen und meist nicht gerade auf den ersten Blick in die Augen fallen, drängt sich nur dem aufmerksamen Beobachter entgegen. Eben so wenig reicht die Untersuchung eines einzigen Gletschers, sollte sie auch noch so genau nach allen Richtungen hin ausgeführt sein, zur richtigen Auffassung der mannichfaltigen Erscheinungen hin, welche die Gletscher im Großen darbieten; die Verschiedenheiten, wodurch die einzelnen sich auszeichnen, sind oft so bedeutend, der Einfluß der mannichfaltigen Lokalverhältnisse auf sie so groß, daß man viele Gletscher gesehen und verglichen haben muß, um das Allgemeine von dem Besondern, die Regel von der Ausnahme sondern zu können.

Zudem bietet ihre Untersuchung Schwierigkeiten und selbst Gefahren dar, welche nur der reine Eifer für die Wissenschaft überwinden kann, und erfordert rüstigere Kräfte als die Beobachtung im stillen Cabinette; alles Ursachen, warum, meiner Ansicht nach, noch heute, wo die geringfügigsten Dinge dem forschenden Auge der Naturforscher nicht entgehen, eine der großartigsten Erscheinungen in der räthselhaften Werkstätte unserer Alpennatur noch so viele dunkle Seiten darbietet.

Die Gletscher sind ungeheure Eismassen, eingeschlossen in den alpinischen Thälern, oder gleichsam aufgehängt an den Seiten der Bergketten. Gleich Strömen von Schnee, scheinen sie, aus der Ferne gesehen, von den hohen Kuppen der Berge hinabzustürzen, um sich in das Thal zu ergießen. Selbst in größerer Nähe hält es noch schwer, sich zu überzeugen, daß es wirkliches Eis und kein Schnee ist, woraus die Masse besteht, welche man vor sich hat. Wir werden in dem Kapitel über die Struktur der Gletscher sehen, welchen Ursachen dieses schneeige Ansehen zuzuschreiben ist, welches das auf unsern Flüssen und Seen gebildete Eis niemals darbietet.

In dem Erdstrich, den wir bewohnen, finden Gletscher sich nur auf den Hochgebirgen *), und es geht schon aus

*) Ich habe in diesem Werke nur die Gletscher unserer Alpen und die darüber erschienenen Schriften ins Auge gefaßt, da ich die nordischen Gletscher noch nicht untersuchen konnte, und die des Tyrols nur zu einer Zeit sah, wo ich ihren Verhältnissen nicht die Aufmerksamkeit widmete, wie jetzt.

diesem einfachen Umstande hervor, daß sie nur unter eigenthümlichen Verhältnissen und nur bei einer mittleren Temperatur sich bilden können, welche unter dem Nullpunkt steht. Unrecht hätte man aber, wollte man hieraus schließen, daß überall, wo sich Gletscher finden, die mittlere Temperatur unter 0 sein müßte, denn gerade das Herabsteigen vieler dieser Eisströme in tiefe Thäler, welche Getreide bauen und eine mittlere Temperatur von + 4° und + 5° haben, zeichnet sie so sehr vor andern Erscheinungen aus. Eben so falsch wäre es, wollte man den Schluß ziehen, Gletscherbildung sei da nothwendig gegeben, wo die mittlere Temperatur den Nullpunkt nicht erreicht. Atmosphärische Einflüsse, lokale Verhältnisse, Form, Lage und Struktur der Gebirgsstöcke bedingen hier mannichfache Ausnahmen und üben den größten Einfluß aus. Ein steiler Felsabsturz, an welchem der Schnee nicht haften kann, wird nie einen Gletscher tragen, da dessen Bildung vom Schnee abhängt. Selten auch werden isolirte Kuppen Gletscher zeigen, selbst wenn ihre Höhe weit die Schneelinie überragt. So bietet z. B. das Sidelhorn, obgleich 8524 F. über dem Meere, dessen Gipfel das ganze Jahr hindurch fast von Schnee bedeckt ist, keine Gletscher dar, während von mehreren, weit niedrigeren Kämmen, z. B. denen welche den Unteraargletscher von dem oberen trennen, Gletscher hinabsteigen. Am meisten wird ihre Bildung begünstigt, wenn mehrere hohe Gebirgsstöcke nahe bei einander liegen, wie z. B. Jungfrau, Eiger und Mönch im Berner-Oberlande, Gornerhorn, Monte-Rosa, Lyskamm u. s. w. in der südlichen Walliserkette, oder

Montblanc, **Aiguille du Midi, Dôme du Gouté, Pic de Géant** u. s. w. in der Kette des Montblanc. Dann sind nicht nur die Felsspitzen, sondern auch die Hochthäler zwischen ihnen mit Eis bedeckt, und letztere oft in so großer Ausdehnung, wie es ohne die Nachbarschaft der hohen Spitzen gewiß nicht der Fall sein würde So finden sich ungeheure Flächen von 20—30 Quadratstunden Inhalt, welche eine zusammenhängende Oberfläche von Eis darbieten, aus welcher die hohen Felshörner auftauchen, gleich vulkanischen Inseln in einem Ocean. Dies sind die Eismeere, wie sie in der Schweiz genannt werden, und die bedeutendsten sind die des Montblanc, Monte-Rosa und des Berner-Oberlandes. Von letzterem hat Hugi in seiner naturhistorischen Alpenreise eine sehr instruktive Karte gegeben. Ueberall, im ganzen Umfange dieser Eismeere, steigen durch die Thäler und Tobel des Gebirges, wie Bäche, die Gletscher im engeren Sinne des Wortes in die tieferen Regionen hinab. Die Zahl dieser Ausläufer ist sehr verschieden und hängt einzig von der Bildung der Gebirgsstöcke ab, welche die Eismeere tragen. Je nachdem sie viele Tobel und Einschnitte bieten oder als gleichmäßige Mauern fortlaufen, ist die Zahl der von ihnen ausströmenden Gletscher verschieden. Deshalb hat das Eismeer des Berner-Oberlandes mehr Gletscher als das der Monte-Rosakette, allein sie sind aus demselben Grunde auch bei weitem kleiner.

Bisher hatten meistens nur diese Gletscher-Ausläufer das Vorrecht, von den Gelehrten untersucht zu werden, und gar Mancher, den die Größe dieser Ausläufer schon

mit Staunen und Bewunderung erfüllt, hat keinen Begriff von den ungeheuren Massen, denen sie ihren Ursprung verdanken, und welche, hinter den Kämmen des Gebirges verborgen, selbst der wissenschaftlichen Forschung meistens entzogen blieben, während sich die meisten Naturforscher auf das zunächst ihnen Vorliegende beschränkten.

Nicht alle Gletscher erreichen ein gleiches Niveau; viele schon hören bei 7000 — 8000 F. über dem Meere auf, während andere bis gegen 3000 F. Meereshöhe hinabsteigen. Ebenso veränderlich ist ihre Länge, und nicht immer sind diejenigen die längsten, welche den tiefsten Stand erreichen; die Alpen bieten sogar genug Beweise vom Gegentheile dar. Der Unteraargletscher, einer der größten des Berner-Oberlandes steigt, nach Hugi's Bestimmung, nur bis zu 5728 F. hinab, während der weit kürzere, untere Grindelwaldgletscher eine Tiefe von 3200 Fuß erreicht. Der große Aletschgletscher, der längste im ganzen Walliserlande, hört schon bei 4000 F. auf.

Alle Gletscher ohne Ausnahme verschmälern sich gegen ihr Ende hin, und mancher, der eine Stunde und mehr in seinem oberen Theile breit ist, hat kaum 500 — 600 F. an seinem Ende. Die Dicke der Gletschermasse scheint ebenfalls, wie ihre Breite, großen Schwankungen unterworfen; doch sind noch keine genügende Untersuchungen über diesen Punkt angestellt. Hugi schätzt sie im Durchschnitt auf 80 — 100 F. für die untere, und 120 — 180 F. für die obere Partie. Meistens ist die Endmasse am wenigsten mächtig und mehrere Gletscher, die tief ins Thal hinabsteigen, haben kaum 50—60 F. Höhe an ihrem Ende.

Aus jedem Gletscher entspringt ein Bach, der um so mehr Wasser führt, je bedeutender der Gletscher selbst ist. Meist verläßt dieser Bach den Gletscher durch ein Thor, d. h. eine weite geräumige Wölbung, welche den Mittelpunkt des Endstückes einnimmt. Zuweilen zeigen sich neben dem Hauptthore in der Mitte mehrere Seitenthore, die aber stets weit weniger geräumig und weit unbeständiger sind, als die Hauptwölbung. Die meisten der in den Alpen entspringenden Flüsse, Rhein, Aar, Rhone u. s. w. verdanken auf diese Weise Gletschern ihren Ursprung.

Die Eismeere sind es, welche vorzüglich die Bedingungen der Gletscherbildung in sich enthalten; sie sind die Wiege jener vereisten Ströme, welche den Schnee des Hochgebirges zu Thal tragen und so jene ewigen Quellen erzeugen, denen das Alpengebirg seinen Wasserreichthum verdankt. Hier, in diesen Eismeeren, die sich zu den aus ihnen entspringenden Gletschern wie große Binnenseen zu ihren Ausflüssen verhalten, in diesen hohen Regionen müssen wir also vorzüglich die Aufschlüsse der Fragen zu erhalten suchen, welche die Wissenschaft über die Natur der Gletscher an uns stellt.

Um einen richtigen Begriff über diese Natur der Gletscher zu gewinnen, müssen deshalb besonders ihr Ursprung, die Modifikationen, die sie in ihrem Verlauf thalabwärts erleiden, der Einfluß der äußeren, besonders atmosphärischen Agentien auf sie und ihre Einwirkung auf ihre Umgebung untersucht werden.

Ich habe einen Atlas meinem Werke beigefügt, um dem Leser, dem persönliche Anschauung abgeht, das Verständniß der einzelnen Phänomene zu erleichtern. Meine Tafeln stellen die Gletscher in den verschiedensten Phasen ihrer Formen und Entwicklungen dar. Die meisten dieser, treu nach der Natur gezeichneten Ansichten sind der Kette des Monte-Rosa entnommen, da diese die größte Verschiedenheit der Erscheinungen darbietet, und in der That, an wissenschaftlichem wie künstlerischem Interesse, weit alle anderen alpinischen Ketten übertrifft. Die hohen Kuppen dieses mächtigen Gebirgstockes, welche dem Montblanc nur gering nachstehen und zuweilen, wie das Matterhorn, durch ihre wunderbare Form vor allen anderen Felshörnern sich auszeichnen; die Menge seiner Gletscher, deren oft 6 bis 8 in einem Bette zu einem ungeheuren Eisstrome sich vereinigen; die zahlreichen Thäler, so interessant durch ihre Bildung an sich, wie durch den Charakter ihrer Bewohner; endlich die zahlreichen Spuren alter, verschwundener Gletscher, welche einst wie ein ungeheures Netz alle diese Gegenden umhüllten; Alles dieses vereinigt, bildet ein Ganzes vom höchsten Interesse für Jeden, der an der Natur und ihren Erscheinungen nicht gleichgültig vorüber geht.

Tafel 1 und 2 des Atlasses geben das Panorama der Monte-Rosakette, aufgenommen vom Riffelhorn über Zermatt, in dem Sankt Niklausthale. Vielleicht existirt kein Standpunkt, der diesem an Majestät und Großartigkeit der Ansicht zu vergleichen wäre; es erregt ein eigenthümliches Gefühl, sich gegenüber zu sehen dieser 5 bis 6 Stunden breiten Kette hoher Dome und starrer

Felskuppen, deren Spitzen von einander getrennt sind durch die blendendweißen Gletscher, welche, ihre Seiten einhüllend, alle dem großen Zermattgletscher sich einverleiben. *) Der breite Gebirgsstock zur Linken (Tafel 1.) trägt, bei den Bewohnern des Thales Sankt Niklaus, den Namen des Gornerhorns; Zumstein erklärt es für die höchste Kuppe der ganzen Rosakette. Sein Gipfel ist ein breites Plateau von zahlreichen Hörnern umgeben, denen v. Welden eigene Namen gegeben hat. **) Die in der Lineartafel mit b bezeichnete Spitze ist es wahrscheinlich, welche er Zumsteinspitze nennt; es ist dieselbe, welche der kühne Reisende, dessen Namen sie trägt, in den Jahren 1819—1823 mehrmals bestieg, um thermometrische und barometrische Messungen anzustellen, deren Mittel eine Höhe von 14,160 Par. Fuß für diese Spitze ergibt. Das mit a bezeichnete Horn, das höchste der ganzen Kette, erscheint unersteigbar; Zumstein schätzt es 270 Fuß höher als die Spitze b. Alle diese Spitzen erheben sich im Kreise über eine weite Eisfläche empor,

---

*) Engelhardt hat seinem oben (Seite 18.) angeführten Werke eine Abbildung desselben Panoramas beigefügt, welches zugleich noch das Matterhorn und seine Umgebungen umfaßt. Engelhardt's Tafeln sind malerischer und besser ausgeführt als die meinigen; allein die den Gletschern eigenthümlichen Verhältnisse weniger berücksichtigt und nicht so hervorspringend, da der Vordergrund auf den bedeutend kleinern Tafeln mehr Platz einnimmt.

**) v. Welden, der Monte-Rosa. Wien, 1824. p. 35.

welche nach allen Richtungen Gletscher aussendet. Der bis zur Höhe des Gebirgsstockes hinansteigende, ist der Gornergletscher; der Gletscher zur Linken der große Weißthorgletscher, welcher das Gornerhorn von der Cima di Jazi trennt; die größten Gletscher indeß, welche dieser Gebirgsstock aussendet, steigen nach Piemont hinab; es sind dies der Ayas-, Allagna-, Macugnaga- und besonders der große Lysgletscher, welcher in das Lesathal mündet.

Ich nenne mit den Bewohnern des Thales St. Niklaus Kuppe des Monte-Rosa die breite Gebirgsmasse zur Rechten des Gornerhorns; es scheint indeß fast, als ob die Bewohner eines jeden Thales den Gebirgsstock Monte-Rosa nennen, der ihnen am meisten in die Augen falle, und deshalb ist die Bezeichnung dieses Berges ungemein schwankend. Ich bin geneigt, den von mir Monte-Rosa genannten Berg für denselben zu halten, den v. Welden mit dem Namen der Signalkuppe bezeichnet. Wie das Gornerhorn, ist er bis zur Spitze beschneit und nur hie und da springen einige nackte Felswände aus dem Weiß hervor. Er sendet mehrere Gletscher aus, welche sich mit denen des Weißthors und Gornerhorns vereinen. Ich nenne großen Monte-Rosagletscher den Gletscher, welcher den Sattel zwischen diesem Berg und dem Gornerhorn ausfüllt; ich unterscheide ihn von dem kleinen Rosagletscher, welcher durch eine Mittelmoräne von dem großen getrennt, von dem seitlichen Kamm der Kuppe herabsteigt und ganz eigenthümliche Charaktere zeigt. Zwischen Monte-Rosa und Gornerhorn zeigt sich in

weiter Ferne eine Spitze, wahrscheinlich die Vincentpyramide v. Weldens. Nach Westen hin verbindet eine breite Eisfläche die Monte-Rosakuppe mit dem Lyskamm; der beträchtliche Gletscher den diese Masse aussendet, heißt der Lyskammgletscher. Die Kuppe zur Rechten des Lyskamm ist das Breithorn; da der Standpunkt zur Aufnahme dieser Ansicht ihm gerade gegenüber genommen wurde, so erscheint es höher und breiter als das Gornerhorn und der Monte-Rosa, die nur ihre Seitenansicht darbieten. Bis zu seinem Gipfel ist es vom Breithorngletscher bekleidet. Die kahle, steile, schneelose Pyramide zu seiner Rechten ist der kleine Mont-Cervin. Saussure, der ihn bestiegen, nennt ihn: «la corne brune»; ein schmaler Gletscher, der kleine Cervingletscher, trennt ihn vom Breithorn. Dieses Gletscherchen vereint sich bald mit dem weit breiteren Fürkefluegletscher, der vom Eismeere von Sankt Theodul herabsteigt. Ich nenne ihn so, weil er längs des Fußes der Fürkeflue hinabsteigt, um sich in den Zermattgletscher zu ergießen. Endlich zur Rechten der Fürkeflue erfüllt ein ungeheurer Eissattel, der St. Theodulgletscher, den Raum zwischen dem kleinen und großen Cervin oder dem Matterhorn. Dieser Sattel, welcher auch den Namen St. Jakobspaß trägt, dient in den Sommermonaten als Paß zwischen Piemont und Wallis, und auf seiner Höhe findet man die Ruinen des von den Piemontesern zur Abwehr der Walliser Angriffe gebauten Forts St. Theodul. Saussure schlug

hier sein Zelt auf, als er die Messung des Matterhorns im Jahre 1792 vornahm.

So vereinigen sich acht Gletscher in dem Thale, welches von diesen Höhen herausgeht, zu einem ungeheuren Eisstrome, der an mehreren Orten mehr als eine Stunde Weges breit ist und den Namen des Zermatt- oder Gornergletschers trägt. Alle diese Gletscher aber unterscheiden sich durch besondere Eigenthümlichkeiten von einander und ihren Nachbarn, und wie man beim Zusammenfluß zweier Ströme oft noch lange das Wasser eines jeden in dem gemeinschaftlichen Bette unterscheiden kann, bis die Länge des Laufs eine gleichförmige Mischung hervorbringt, so ist es auch hier. Lange noch nach der Vereinigung unterscheidet man die einzelnen Gletscher; allein je weiter sie hinabsteigen, je enger die Wände des Thals sich an einanderschließen und je steiler sein Abfall wird, desto ungleichförmiger wird die Oberfläche und unerkenntlich die einzelnen Eisströme, die den großen Gletscher zusammensetzen. In diesem Zustande zeigen ihn die Tafeln 3 und 4; seine Breite hat bedeutend abgenommen, die Morainen verschmelzen mit einander und die Spalten sind häufiger und breiter geworden.

Die Tafel 5 zeigt den Einfluß der Thalkrümmungen auf den Gletscher und die Richtung seiner Spalten. Die 6te Tafel endlich zeigt das Ende des Gletschers mit seinem Thore, aus welchem der Vispbach (la Viège) entspringt. Die zahlreichen Eisnadeln, welche man auf dem Gletscher sieht, entsprechen der steilsten Stelle des Gletschers, etwas vor seinem Ende.

Die übrigen Tafeln des Atlasses bilden verschiedene Eigenthümlichkeiten des Zermattgletschers, die Verhältnisse der Schichtung des alten und neuen Schnees vom St. Theodulgletscher und endlich mehrere andere Gletscher des Wallis und des Berner-Oberlandes ab.

Später, bei der Beschreibung der Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Gletscher, werden wir auf diese Tafeln zurückkommen.

Drittes Kapitel.

Struktur der Gletscher.

Das Gletschereis hat keine Aehnlichkeit mit dem Eis, welches die Winterkälte auf unsern Gewässern hervorbringt; es bildet keine glatte, zusammenhängende Spiegel-, sondern eine ungleiche, rauhe und körnige Oberfläche, die man sehr bequem und ohne Gefahr zu gleiten, beschreiten kann; vorausgesetzt, daß der Gletscher keine Schründe darbietet. Es beruht dieses eigenthümliche Ansehen auf der Struktur des Gletschereises, welches nicht wie aus einem Gusse, sondern aus lauter einzelnen Stücken von etwa ½—1½ Zoll Durchmesser besteht. Die Form dieser Fragmente ist durchaus keine regelmäßig krystallinische, wie man oft, aber mit Unrecht, behauptet hat, sondern wechselt in den verschiedensten Gestaltungen *); ihre Flä-

*) Die unzweckmäßige Benennung Gletscherkrystalle, welche Hugi für sie gewählt, ist keine der geringsten Gründe, weshalb man, oft ohne Ursache, seine Beobachtungen nicht als ganz zuverlässig gelten lassen wollte.

chen sind selten glatt, sondern uneben, runzlich, streifig, und eine unzählige Menge von Haarspalten durchkreuzen ihre Zusammenfügungen. Eben so wenig ist ihre Größe konstant, doch nimmt ihr Volumen stets gegen das Thalende des Gletschers hin zu, so daß man dort oft Stücke von drei und mehr Zoll im Durchmesser findet; im Aufwärtssteigen nimmt ihre Größe sehr allmählich ab, und endlich in einer gewissen Höhe geht das Gletschereis in einen körnigen, festen Schnee über, welchen die deutschen Alpenbewohner Firn, die französischen Névé nennen.

Dieses den Hochgebirgen eigenthümliche Gebilde hält etwa die Mitte zwischen Schnee und Eis; es bildet großentheils wenigstens die oberflächlichen Schichten der Eismeere und bedeckt die Kuppen unserer hohen Gebirgsstöcke. Das Gletschereis selbst ist nur eine, durch den Einfluß des Wassers bedingte Modification dieses Firnes. Ich erkläre mir diesen Uebergang auf folgende Weise: Wenn auch die mittlere Temperatur der Hochregionen, welche den Firn tragen, im Allgemeinen stets unter 0° sich erhält; so übt doch die Sonne in den heißen Sommermonaten einen beträchtlichen Einfluß darauf. Wenn auch dieser Einfluß weniger in der Schmelzung, als vielmehr in der unmittelbaren Verdunstung des Firnes besteht, welche in der trocknen verdünnten Luft der Hochregionen die Schmelzung bei weitem überwiegt, so kann es doch erwiesen werden, daß auch ein Theil der Firnmasse von der Sonne wirklich in Wasser aufgelöst wird. Das geschmolzene Wasser sickert nun zwischen die körnige Masse hinab, verdrängt die im Firn in großer Menge enthaltene Luft

und gefriert am Grunde von neuem, sowohl durch den Contakt mit der kalten Firnmasse als auch durch die Kälte der Nacht. Das gefrierende Wasser setzt sich natürlich an die Firnkörner wie krystallisirende Massen um einen Kern an, vermehrt so deren Volum und bildet auf diese Weise ein anfänglich nur sehr lockeres Eis, das aber, jemehr es zu Thal hinabsteigt, durch dieselben Umstände stets an Derbheit und Festigkeit gewinnt. Auf diese Weise erklärt sich nicht nur die bedeutendere Größe der Eisfragmente in der Thaltiefe im Vergleich zur Höhe, sondern auch der Umstand, daß man sehr oft in jenen Hochregionen Schneemassen antrifft, welche auf ihrer Oberfläche noch alle Charaktere des Firnes darbieten, während sie auf dem Boden schon in Eis verwandelt sind. Hugi sowohl als Zumstein führen mehrere hierher gehörende Thatsachen an und ich selbst habe auf dem Aar- und Zermattgletscher mehrfach diese Erscheinung beobachtet.

Der Firn ist mithin die erste Entwickelungsstufe des Gletschereises. Seine körnige Form scheint hauptsächlich durch das wechselnde Aufthauen und Wiedergefrieren bedingt, (wenn nicht vielleicht der Schnee in jenen Hochregionen eben so, wie in den Polarländern, in Gestalt kleiner Körner herabfällt) und das Wasser dient gleichsam als Mörtel, welcher diese kleinen Schneekörner zu einer kompakteren Masse zusammenbäckt. Wie ich oben angeführt, so ist diese körnige Gestaltung des Firns durchaus als die Grundlage der Eisfragmente oder sogenannten Krystalle des Gletschereises anzusehen, und alle Gletscher ohne Ausnahme, sei die Dichtigkeit ihres Eises auch noch

so groß, zeigen diese fragmentarische Zusammensetzung. Springt sie nicht sogleich dem Beobachter in die Augen, so genügt die Benetzung des Eises mit etwas Säure oder einer gefärbten Flüssigkeit, um, unter einem leichten Knistergeräusch die Fugen der Fragmente sich öffnen und so ihre Form zu Tage kommen zu sehen. Die leichteste und am wenigsten Zurüstungen erfordernde Art, diesen Versuch anzustellen, besteht darin, auf das Eis zu uriniren, und jeder, der den Drang in sich fühlt, diesen einfachen Versuch anzustellen, wird sich von der eigenthümlichen Wirkung desselben leicht überzeugen können.

Das Gletschereis ist um so durchsichtiger, je größer die es zusammensetzenden Fragmente sind; die Flächen der Fugen dieser sogenannten Krystalle und die in diesen Fugen enthaltene Luft, bringen durch die verschiedne Brechung der Lichtstrahlen die Undurchsichtigkeit hervor; je größer daher diese Krystalle, desto weniger Fugen und desto größere Durchsichtigkeit des Eises.

Allein in diesen Umständen liegt auch der Grund, daß die Gletscher an ihrem Thalende, wo sie den höchsten Grad der Dichtigkeit erreichen, zugleich am durchsichtigsten sind. Jedoch erhalten sich diese Dichtigkeit und die Transparenz auf der Oberfläche nur dann, wenn diese gegen die atmosphärischen Einflüsse geschützt ist. Durch die Einwirkung von Wind und Wetter, Regen, Wärme u. s. w. wird das Eis porös und zerfällt endlich gänzlich; die Fugen lösen sich und oft genügt an den hervorstehenden Spitzen und Kämmen, welche die Gletscher an ihrem Ende zeigen, ein leichter Stoß, um große Eis=

blöcke von der Endmasse des Gletschers abzutrennen, und durch die Gewalt des Sturzes in ihre einzelnen Fragmente zu zersplittern. Jedes dieser Fragmente, einzeln untersucht, ist vollkommen wasserklar und durchsichtig, während der Gesammtmasse des Blocks diese Eigenschaft abging; ein Beweis für meine oben aufgestellte Behauptung, daß nur in der eigenthümlichen Fügung des Gletschereises der Grund seiner Undurchsichtigkeit liege.

Schwierig ist die Erklärung der Entstehung der Haarspalten, welche die Fragmente trennen. Doch glaube ich sie der Zusammendrückung der Luftblasen, welche in so großer Menge im Firn enthalten sind, und bei dem Zusammenfrieren der in Schnee sich umwandelnden Eismassen darin zurückbleiben, zuschreiben zu müssen. Da diese Vereisung nur sehr langsam und allmählig vor sich geht, so entweicht die im Firn eingeschlossene Luftmasse nur zum Theil, wenn das einsikernde Wasser sie verdrängt. Durch das Gefrieren wird dann die Luft in der Firnmasse eingeschlossen und erscheint in Form verschiedenartig gestalteter Luftblasen; je mehr aber, bei fortschreitender Vereisung des Firnes diese Blasen zusammengedrückt und bei den mannichfaltigen Temperaturwechseln selbst ausgedehnt oder durch die Ausdehnung des Eises verschoben und verrückt werden, desto mehr werden die rundlichen Luftblasen allmählig in spaltenförmige Räume umgewandelt, die sich mit Wasser füllen, und deren stets erneuerte Bildung noch durch den mannichfaltig verschiedenen Druck, welchen eine aus so ungleichen Fragmenten zusammengesetzte Masse, wie das Gletschereis ist, ausüben muß,

sehr bedeutend gefördert wird. Saussure hat durch Versuche nachgewiesen, daß Eis, durch Gefrieren eines mit Wasser getränkten Schnees gebildet, eine große Menge Luftblasen enthält, und dem aus Firn neugebildeten Gletschereis sehr ähnlich ist. Man setze solch künstliches Gletschereis einem so bedeutenden Drucke und solchen Bewegungen, wie sie im Gletscher statt finden, aus, und alle Bedingungen zur Bildung von Haarspalten werden vorhangen sein.

Die Wände der Gletscherrisse und Schründe sind durch ihre vertikale Richtung weit weniger dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt und deshalb auch weit heller und glätter als die Oberfläche; doch kommen sie darin noch nicht den Stellen gleich, welche durch Gufferhaufen oder einzelne Felsblöcke vor der zerstörenden Einwirkung der Atmosphäre geschützt sind; hier und besonders unter den Blockdecken, welche so oft das Thalende der Gletscher bedecken, ist das Eis meist so fest und derb, daß die Ränder der Stücke, in welche man es zerschlägt, wie Glas spröde und schneidend sind.

Aus dem eben Gesagten geht hervor, daß der Firn sich nur unter Mitwirkung von Wasser in Eis verwandeln könne, möge dieses nun aus Schmelzung seiner Oberfläche oder von unmittelbaren Niederschlägen in wässeriger Gestalt aus der Atmosphäre seinen Ursprung herleiten. Man hat behauptet, in einer gewissen Höhe finde nur Verdunstung, keine Schmelzung des Eises oder Firnes statt. Wäre diese Behauptung richtig, so könnte man oberhalb einer gewissen Grenze auf den Hochfirsten der

Gebirge nur Schnee antreffen und Eis müßte eine dort unbekannte Erscheinung sein; — in der That haben auch die meisten neueren Physiker und Meteorologen *), auf Saussures Autorität gestützt, dies als einen Erfahrungssatz hingestellt. Saussure sagt auch wirklich im § 530 seines Werkes (Voyages dans les Alpes. Bd. 1. S. 674) ausdrücklich, man finde nur Schnee auf den isolirten Bergkuppen; er greift selbst die Meinung der Naturforscher an, welche den Montblanc von einer Eisdecke bekleidet glaubten, und weiter, im Abschnitt über das Schmelzen des Schnees (Bd. 2. S. 320. § 943) drückt er sich folgendermaßen aus: „Im Allgemeinen schmilzt der eigentliche Schnee auf den Gebirgen, welche eine Höhe von 1500—1600 Toisen überschreiten, nicht mehr über einer Linie von 1300 Toisen.“ Allein als Saussure diese Ansicht aufstellte, hatte er die Besteigung des Montblanc noch nicht ausgeführt. Erst mehrere Jahre später veröffentlichte er im 4ten Bande seines Werkes den Bericht über seine Reise. Hätten alle die, welche den ersten Bänden so viel Vertrauen schenkten, das Buch bis ans Ende gelesen, so würden sie gefunden haben, daß Saussure selbst freimüthig seinen Irrthum eingesteht, und seine frühere Behauptung zurücknimmt. Er erzählt nämlich im § 1981 (Bd. 4. S. 163) daß, beim Ueberschreiten des ersten Schneefeldes, welches die

---

*) S. Friedrich Hoffmann, Physikalische Geographie. Bd. 1. S. 263.
L. F. Kämtz, Lehrbuch d. Meteorologie. Bd. 2. S. 163.

Kuppe des Montblanc umgibt, er ungeheure Eiswürfel (die er Gletscherkäse, Séracs, nennt) von zwölf Schuh Durchmesser beobachtete, welche vom Dôme du Goûté herabgestürzt waren, und deren untere Fläche, womit sie auf dem Felsen geruht, aus einem durchscheinenden, weißen, sehr festen Eise bestand, welches viele sehr kleine Luftblasen enthielt und weit kompakter als das Gletschereis war. Um alle Ursachen zu Irrungen zu vermeiden, fügt er selbst in einer kleinen Note bei: „Der Anblick dieses weißen Eises, welches so sehr dem Schnee glich, überzeugte mich, daß ich geirrt haben konnte, wenn ich, nach dem Ansehen von der Spitze des Cramont aus schließend, behauptet hatte, die Decke des Montblanc und der benachbarten Gipfel seien Schnee und kein festes Eis." Wir werden später, im Kapitel von der Farbe der Gletscher, zeigen, wie das Gletschereis, je mehr es in die Hochregionen zurücksteigt, seinen bläulichgrünen Ton mit einer schneeweißen Farbe vertauscht. Zumstein brachte bei seiner zweiten Besteigung des Monte-Rosa im Jahre 1820 auf einer Höhe von 13,128 F. die Nacht in einer ungeheuren Spalte zu, deren sehr kompakte Wände im schönsten Azurblau strahlten. *) Offenbar aber wäre die Existenz einer Spalte und einer Masse dichten Eises nicht möglich, wenn nicht zuweilen Wasser in flüssigem Zustande sich in jenen Regionen fänden, welche den Firn in Eis verwandelten. Zumstein erzählt weiter, wie er in einer Höhe von etwa 10,000 Fuß von einem heftigen

*) v. Welden, Monte-Rosa, p. 127 ff.

Regenschauer durchnäßt wurde. Wo es aber regnet, da muß die Sonne auch schmelzen können, denn nicht der Mangel der Wärme (die am Tage oft bedeutend genug ist) sondern die Dünne und Trockenheit der Luft im Hochgebirge verhindert das Schmelzen des Schnees und bedingt seine unmittelbare Verdunstung.

Ebenso fand auch Hugi den Hochfirn des Berner-Eismeeres am Fuße des Grünhornes so mit Wasser durchtränkt, daß seine Führer bis an die Kniee einsanken. *)

So wenig indeß ohne Zuthun von Wasser der Firn sich in Eis verwandeln kann, ebenso unmöglich ist die Bildung des Gletschereises aus reinem Wasser ohne Firnmasse. Gerade diese verschiedene Entstehungsweise zeichnet das Gletschereis so ungemein vor gewöhnlichem Eise aus. Auffallend zeigt sich dieser Unterschied besonders an den kleinen Wasserbächelchen, welche bei Tage auf allen Seiten von dem Gletscher herabrieseln. Ueber Nacht erstarren sie alle zu Eis; allein es genügt ein Blick, um dieses von dem Gletschereis zu unterscheiden. Auch erweckt die Sonne bald das Leben dieser kleinen Wasserströmchen und vor Mittag schon ist ihr Eis von neuem geschmolzen. Man kann daher unmöglich, wie manche Gelehrte gethan, diesen unbeständigen Bächlein einigen Einfluß auf die Bildung der Gletscher zuschreiben, oder gar sie für die Hauptursache ihrer Bewegung ansehen.

Eine andere, von seiner besonderen Bildungsweise abhängige Eigenthümlichkeit des Gletschereises ist seine

*) Hugi, l. c. p. 278.

Schichtung. Freilich ist diese Schichtung am Thalende nicht sehr deutlich, und kaum an der Wölbung der Thore oder in tiefen Schründen bemerkbar. Steigt man aber den Gletscher hinan, so trifft man sehr oft in der Hochregion Stellen, wo diese Zusammensetzung aus übereinander gelegten Schichten vollkommen deutlich vor Augen liegt. Zuweilen sind in den Hochregionen die einzelnen Schichten durch einen dünnen Schneestreifen von einander getrennt; die ganze Masse des Griesgletschers zum Beispiel ist aus einer ungemeinen Anzahl solcher abwechselnden, dickeren Eis und dünneren Schneeschichten zusammengesetzt. Saussure am Montblanc und Zumstein am Monte-Rosa haben ebenfalls dieselbe Erscheinung der Schichtung beobachtet und die senkrechten Wände des St. Theodulgletschers, da, wo er sich an den nördlichen Kamm des Matterhorns anlehnt, zeichnen sich in dieser Hinsicht so sehr aus, daß ich glaubte sie Taf. 13 Fig. 1 abbilden lassen zu müssen. Die Schichten werden immer dünner nach unten zu und verschwinden endlich in einer gewissen Tiefe gänzlich. Zumstein beobachtete dies sehr genau an den Wänden des großen Schrundes, in welchem er bei seiner zweiten Besteigung des Monte-Rosa, im Jahre 1820 übernachtete. Er, wie Saussure, halten diese Schichten gleichsam für eben so viel Jahresniederschläge, indem sie glauben eine jede entspreche der Menge des in einem Jahr gefallenen Schnees. Ohne direkte Beweise des Gegentheils zu haben, möchte ich doch dieser Ansicht nicht unbedingt beistimmen; offenbar zwar zeigen die Schichten Temperaturwechsel in den Hochregionen an,

allein es können diese mehrfach in demselben Jahre eintreten, und man hat meines Erachtens viel zu schnell, ohne bestimmte Beweise dafür zu haben, dem Jahreswechsel diese Schichten zugeschrieben.

Was die schmalen Schneestreifen betrifft, die man zuweilen zwischen den Eisschichten findet, so habe ich sie nicht oft genug und nicht in hinlänglicher Ausdehnung untersuchen können, um eine völlig genügende Erklärung derselben zu wagen. Doch scheinen sie unzweifelhaft einerseits von der Menge Schnee, welche in der kalten Jahreszeit fällt und andrerseits von dem mehr oder minder fühlbaren Temperaturwechsel abzuhängen. Folgt z. B. auf einen schneereichen Winter ein kühler Sommer, so wird die während des Winters gefallene Schneeschicht nicht gänzlich durch Schmelzen und Verdunsten zerstört, und der Winterfrost des nächsten Jahres wird sie erhärten; neuer Schnee lagert sich darauf, und wenn sich dieser später auch in Eis verwandelt, so wird doch die alte Schneeschicht, welche vor dem Eintritt der Kälte nicht mit Wasser infiltrirt war, als Schnee zwischen den Eisschichten verharren. Eine Stütze für meine Ansicht ist der Umstand, daß nur in den Hochregionen, da hauptsächlich wo die Umwandlung des Firnes in Eis Statt findet, diese regelmäßig abwechselnden Eis- und Schneeschichten sich finden, nicht aber in dem unteren Theile der Gletscher.

Indeß darf man mit dieser Schichtung nicht gewisse Streifen verwechseln, welche man oft an dem Thalende der Gletscher sieht. Dieses sind meistentheils geschlossene

Schründe, welche durch irgend einen Umstand während des Vorrückens des Gletschers horizontal geworden sind. Wir haben solche Spaltenstreifen am Vieschergletscher beobachtet, worin man noch Stücke von zerbrochenen Eisnadeln sehen konnte, und es wäre durchaus nicht unmöglich, daß man selbst Sand und andere fremde Körper in ihnen anträfe. *)

Sind die Abhänge, auf welchen der Firn ruht, sehr steil, so lösen sich bisweilen große Massen los und stürzen plötzlich herab. Saussure behauptet, durch das Gewicht der überhängenden Massen zerrissen diese Firnstürze in rechtwinkliche Stücke, deren manche bis 50 Fuß im Geviert halten. Er nennt diese Eisblöcke Gletscherkäse (Séracs) von einer gewissen Art Käse, welche ihre rechtwinkliche, reguläre Form durch Pressen in viereckigen Kästen erhalten. Saussure hat auf dem Dôme du Goûté diese sonderbare Erscheinung beobachtet, und sie scheint auch wirklich nur auf diesen Punkt beschränkt, da ich sie nirgends auf den andern Gletschern des Montblanc, und eben so wenig auf denen des Monte-Rosa und des Berner-Oberlandes beobachtet habe. Saussure (Voyages dans les Alpes. Bd. 4. S. 159) sagt: „Man könne auf den Seitenflächen dieser Gletscherkäse die von Jahr zu Jahr angehäuften Schneeschichten sehen, wie sie allmälich, durch Infiltration und Gefrieren des Was-

*) Als ich diesen Sommer (1840) den oberen Grindelwaldgletscher besuchte, fand ich wirklich einen Stein von der Größe eines Eies in einer solchen horizontalen Spalte.

sers, welches vom Regen oder der Schmelzung der oberen Schichten herkömmt, aus Schnee in Eis sich verwandeln," und bestätigt so meine oben ausgesprochene Ansicht über die Umbildung des Schnees in Eis.

Alles feste Gletschereis war somit früher Firnmasse, und der Firn selber scheint nur eine durch die eigenthümlichen atmosphärischen Verhältnisse der Hochalpen hervorgebrachte Modifikation des Schnees zu sein. Die oberflächliche Grenzlinie zwischen ihm und dem wahren Gletscher wird durch den Uebergang der körnigen Massen in das derbere Eis bezeichnet. Hugi besonders hat sich bemüht, die Höhe dieser Linie genau im Umfange des Berner-Eismeeres zu bestimmen, und selbst vorgeschlagen, durch sie die Grenzlinie des ewigen Schnees (die Schneelinie) zu ersetzen, welche in der That, so mannichfaltig man sie auch zur Aufstellung der verschiedensten Theorien benutzt hat, durchaus keine feste Grenze hat und nicht nur je nach Lage und lokalen Verhältnissen, sondern auch an denselben Orten je nach der Witterung einzelner Jahre im Bereiche von mehreren tausend Fuß hin und herschwankt. Hugi täuscht sich aber, wenn er behauptet, die Firnlinie sei keinem Schwanken unterworfen und erhalte sich unabhängig von der Lage der Gletscher und dem Einfluß der Jahreszeiten und Witterungswechsel in derselben Höhe. Ich habe freilich nicht viele Gletscher des Berner-Oberlandes in dieser Rücksicht untersucht; allein auf den Gletschern des Monte-Rosa traf ich bei 10,000 Fuß Höhe noch keinen Firn; der St. Theodulgletscher ist compaktes Eis bis zum Fuße des Matterhornes; der große Zermatt-

gletscher zeigt bei 8000 Fuß noch keinen Firn, und es kann mithin Hugi's Bestimmung der Firnlinie des Berner-Oberlandes, für welche er 7600 — 7800 Fuß annimmt, und welche er in den penninischen Alpen kaum um 100 F. höher ansetzen will, keine allgemeine Gültigkeit haben. Zudem beweisen die oben angeführten Beobachtungen von Saussure und Zumstein, an den Kuppen des Montblanc und Monte-Rosa, daß noch hoch über der Hugischen Firnlinie sich wirkliches Eis bildet.

Der Uebergang des Firnes in Gletschereis geschieht nur allmählich und hängt sehr oft von der Lage des Gletschers, der Schnelligkeit seines Laufes und vielen andern Umständen ab. Desor *) hat als einen Haltpunkt einer sicheren Bestimmung der Gränzlinie beider Gebilde das Verhältniß der Moränen zu dem Gletscher vorgeschlagen. Da nur das festere Gletschereis, nicht aber der lockere Firn Steinblöcke von einem gewissen Gewichte zu tragen und über seiner Oberfläche zu erhalten vermag, so ist in der That die Erhebung der Gufferlinien über die Gletscherfläche ein sicheres Zeichen, daß man nicht mehr Firn, sondern wahres Gletschereis vor sich habe; bei jedem Gletscher aber wird diese Erscheinung, je nach seinen Lokalverhältnissen, bei einer ihm eigenthümlichen Höhe eintreten.

---

*) Bibliothèque universelle de Genève. 1840. Heft 53 u. 54.

Viertes Kapitel.

Aussehen der Gletscher.

Der Eindruck, welchen der erste Anblick der Eismassen, welche die Gletscher bilden, auf einen Jeden macht, ist der einer imposanten Ruhe und erst durch längere und öfter wiederholte Besuche überzeugt man sich von der ungemeinen Veränderlichkeit ihrer Oberfläche. Oft erkennt man nach einigen Jahren denselben Gletscher nicht wieder den man früher bewanderte; wo man vorher Bächlein rieseln oder tiefe Trichter und Wasserbecken sah, erblickt man heute ebene Flächen; große Blöcke, die früher in die Augen fielen, sind heute verschwunden; wo früher Spalten den Uebergang kaum möglich machten, tritt heute der Fuß mit Sicherheit auf; kurz, alles hat geändert und keine Anhaltspunkte bieten sich mehr für frühere Erinnerungen, so sehr auch Alles das Gepräge der Festigkeit und Unveränderlichkeit trägt. Oft genügt ein Jahr oder nur wenige Monate solche Veränderungen hervorzubringen; die

Aelpler wissen eine Menge der interessantesten Fälle dieser Art zu berichten; die Führer in jenen Regionen müssen ihnen längst bekannte Gletscher jedes Jahr aufs neue untersuchen, und wir werden im Folgenden auseinandersetzen, wie nicht nur der Wechsel der Jahreszeiten, sondern selbst der Tageszeiten den mächtigsten Einfluß auf die Beschaffenheit der Oberfläche ausübt. Es hängt diese Veränderlichkeit theils von der verschiedenen Beschaffenheit des Gletschereises in verschiedenen Regionen desselben Gletschers, theils von den atmosphärischen Einflüssen ab. Die Oberfläche der Firnregion, dieser körnigen, unzusammenhängenden Decke, muß ein anderes Ansehen darbieten, als die des festen Gletschereises in größerer Tiefe, und Regen, Schnee, wie Temperaturwechsel, müssen auf beide einen individuell verschiedenen Einfluß ausüben, der um so größer sein wird, je schneller und bedeutender der Wechsel aller dieser Agentien einwirkt.

Der Schnee bildet einen Hauptgrund des veränderlichen Aussehens der Gletscheroberfläche. Es genügt daß ein mit Wasserdampf gesättigter Wind in einer Nacht, deren Temperatur unter 0° gesunken ist, über den Gletscher streiche, um Morgens eine Schneedecke über dem Gletschereis zu finden. In den unteren Regionen schmilzt dieser Schnee bald; höher hinauf aber widersteht er hartnäckiger und schmilzt oft auf so ungleiche Weise, daß stellenweise er gänzlich verschwunden ist, während anderwärts breite große Schneestreifen die Oberfläche durchziehen, was ein ganz eigenthümliches Ansehen gewährt. Im August 1839 fiel uns der St. Theodulgletscher am Fuße

des Matterhorns besonders durch diese sonderbare Erscheinung auf (Taf. 13 Fig. 2).

Die Oberfläche der Gletscher ist nie gleichförmig horizontal, sondern mehr oder weniger gewölbt und nach den Seiten hin abschüssig gegen die sie einschließenden Thalwände. Diese Neigung ihrer Seiten wird ganz einfach durch die starke Reflexion der Wärmestrahlen an den Felswänden erklärlich. Je schmaler der Gletscher, desto abschüssiger die Seiten; die Wölbung mehrerer sogar bildet fast einen Spitzbogen. Gewinnt der Gletscher eine gewisse Breite, so verwischt sich diese Neigung der Seiten mehr oder weniger; jedoch ist sie stets vorhanden, und manche große Gletscher, welche von oben herab gesehen, vollkommen eben erscheinen, bieten, wie der Zermattgletscher z. B., beim Ueberschreiten eine ermüdende seitliche Neigung dar.

Nicht geringeren Einfluß auf diese Neigung übt die größere oder geringere Steilheit der Thalwände, die Beschaffenheit und Farbe ihres Gesteines und vor allen die Richtung des Thales aus. Läuft diese von Süden nach Norden oder umgekehrt, so wird die Wölbung auf beiden Seiten des Gletschers beinahe gleich sein; anders hingegen verhält sich die Sache, wenn das Thal von Westen nach Osten oder umgekehrt streicht. Die nördliche Thalwand, den ganzen Tag über von der Sonne beschienen, reflektirt dann die Wärmestrahlen mit ungleich größerer Wirkung auf den Gletscher und die entsprechende Seite desselben erhält einen starken Fall; ja zuweilen zieht sie sich so weit von der Thalwand zurück, daß große leere

Strecken sich bilden, welche meist von frischem Schnee erfüllt werden. Auf der Südseite hingegen ist dann diese Neigung kaum merkbar, da die Thalwand hier den Gletscher selbst vor dem direkten Einflusse der Sonnenstrahlen schützt. Mächtige Gufferlinien üben oft einen ganz ähnlichen Einfluß, und auf dem Unteraargletscher sieht man schlagende Beweise dieses Verhältnisses an vielen Orten, wo die Eismassen stark gegen die Mittelmoräne hin geneigt sind. Es ist ersichtlich, daß eine Menge lokaler Verhältnisse bei einzelnen Gletschern selbst scheinbare Ausnahmen von dieser Regel bedingen können, welche man aber überall bestätigt finden wird, wo nicht mächtige anderweitige Einflüsse die durch sie bedingten Verhältnisse zu nichte machen.

In dem Kapitel über die Struktur der Gletscher habe ich schon erwähnt, daß die Oberfläche derselben, die Festigkeit ihres Eises im Innern möge so groß sein als sie wolle, stets uneben, rauh und holperig sei, so daß man ohne alle Gefahr den Gletscher nach allen Richtungen durchwandern könne, wo nicht Schründe und Spalten sich entgegensetzen. Das Eis bietet nur dann eine glatte Spiegelfläche dar, wenn es durch Gufferlinien oder große Blöcke vor dem Einflusse der Atmosphäre geschützt ist; denn die Rauhigkeit der Oberfläche hängt nur von der Verdunstung und Abschmelzung der ungeschützten Oberfläche ab, wodurch die Fugen der einzelnen Fragmente oder sogenannten Krystalle gelöst, aufgelockert und dadurch diese selbst hervorgehoben werden. Der Unteraargletscher, der einen verhältnißmäßig nur geringen Fall

besitzt, hat so wenig Spalten und ist so wegbar, daß Hugi die Strecke bis zu seiner Hütte (3 Stunden) sogar zu Pferde zurücklegen konnte.

Alle Gletscher sind zwar auf dieselbe Weise und unter den gleichen Einflüssen gebildet; dennoch aber bietet Jeder ein ihm eigenthümliches Ansehen dar, welches großentheils von der Gestaltung und der Häufigkeit ihrer Schründe, der Form ihrer Nadeln und der Anordnung ihrer Moränen, so wie vielen andern lokalen Verhältnissen, die keinen minderen Einfluß üben, abhängt.

Viele Gletscher (die von Rosenlaui und Thours z. B.) zeichnen sich durch die blendende Weiße ihrer Oberfläche aus, welche das reine Eis fast ohne Spur von Bedeckung durch Sand oder Schmutz darbietet; andere (Unteraar-, unterer Grindelwald- und Zmuttgletscher) sind dergestalt von Erd- und Schuttmassen bedeckt, daß man sie auf weite Strecken hin bewandern kann, ohne zu bemerken, daß Eis und nicht felsigter Grund den Boden bilde, den der Fuß betritt. Viele sind so zerklüftet, daß ihre ganze Oberfläche fast nur gähnende Schründe und ungeheure Spalten darbietet; viele starren von zackigen Eisnadeln (Vieschgletscher); andere bieten, zum größten Theil wenigstens, eine fast ebene Oberfläche dar.

Alle diese verschiedenen Physiognomien der Gletscher sind zwar allgemeinen Gesetzen unterworfen, welche sich mehr oder weniger überall nachweisen lassen; doch ist es interessant, die verschiedenen Verhältnisse zu untersuchen, nach welchen diese Gesetze sich in den einzelnen Gegenden durch lokale Einflüsse modificiren.

Die zusammengesetzten Gletscher bieten für diese Studien die fruchtbarsten Anhaltpunkte dar, da jeder der einzelnen Zuflüsse noch lange Zeit nach der Vereinigung seinen eigenthümlichen Charakter beibehält, vorausgesetzt, daß die Thalneigung des gemeinschaftlichen Gletscherbettes nicht zu bedeutend sei. Ohne Zweifel ist der große Zermattgletscher einer der interessantesten in dieser Hinsicht, da er aus nicht weniger als acht Gletschern der Monte-Rosakette gebildet ist, die alle in einem gemeinschaftlichen Bette sich vereinigen. Von der Höhe des Riffels (dem Standpunkte, von welchem aus das Panorama Tafel 1 und 2 aufgenommen wurde) aus gesehen, gewahrt man auf diesem majestätischen Eisstrome mehrere parallele Gufferlinien, welche die Grenzen der verschiedenen Gletscher andeuten, und schon aus weiter Entfernung unterscheidet man die eigenthümlichen Charaktere, die einen jeden dieser Zuflüsse auszeichnen. Die Verschmelzung dieser verschiedenen Eismassen zu einem gleichförmigen Ganzen hängt weniger von der Länge des Laufes als den Bodenverhältnissen ab. In einem stark geneigten Thale erhalten zwei vereinigte Gletscher ihre Individualität nicht lange, sie verschmelzen bald zu einem Ganzen, wie die verschiedenen Gewässer zweier Ströme, welche in einem Wasserfalle zusammen stürzen. Ist aber die Thalneigung gering, das Bette ausgedehnt, so tritt das umgekehrte Verhältniß ein und die Individualität der einzelnen Zuflüsse erhält sich auf lange Strecken hin.

Um den Zermattgletscher, der vom Weißthor bis zum Fuße der Fürkeflue, wo der letzte Zufluß in ihn mündet, nur

eine sehr schwache Neigung hat, näher in dieser Rücksicht zu untersuchen, durchwanderte ich ihn mit meinem Reisegefährten in schiefer Richtung, indem wir vom Riffel aus unsern Weg nach dem Fuße der Monte-Rosakuppe einschlugen. Der Weißthorgletscher bildet den äußersten Seitenstrom zur Rechten. Seine Flanke ist mäßig geneigt, aber schwer zu ersteigen, da die schmale Sanddecke sie nur wenig bedeckt. Seine Oberfläche ist von der seines Nachbars, des Gornergletschers, durchaus verschieden, obgleich der Punkt ihrer Vereinigung mehr als zwei Stunden von uns entfernt war. Der weit breitere Weißthorgletscher ist sehr zerklüftet, seine Spalten weit häufiger als die des Gornergletschers und seine Oberfläche so mit Sand bedeckt, daß sie fast schwarz erscheint. Der Gornergletscher hingegen trägt eine Menge Tische, aus breiten Platten eines schiefrigen Serpentins gebildet, die dem vorigen durchaus abgehen; außerdem bemerkten wir auf ihm eine Menge von Löchern im Eis, welche mit Wasser erfüllt waren. Auffallend war uns die Erscheinung, daß dieses Wasser eine große Verschiedenheit in seiner Temperatur zeigte, die zwischen + 1½° C. und + ½° C. wechselte; wir entdeckten indeß bald den Grund. Der Boden vieler dieser Löcher war nämlich mit Sand bedeckt; die Temperatur des in ihnen enthaltenen Wassers war weit höher als da, wo das Eis unmittelbar den Grund des Loches bildete. Auf einem dieser Wasserbecken fand mein Freund Desor eine Menge kleiner Insekten, welche wahrscheinlich dem Genus Podura *) angehörten.

*) Auf unserer diesjährigen Gletscherreise haben wir dasselbe

Der Nachbar des Gornergletschers, welcher dem Monte-Rosa seinen Ursprung entnimmt, zeichnet sich durch seine blendende Weiße und eine eigenthümliche Bildung großer Höhlungen aus, die, schon vom Riffel aus sichtbar, unsere Wißbegierde in hohem Grade angeregt hatten. Auf einer weiten, vom Fuße des Monte-Rosa bis unter den Fuß des Riffel sich erstreckenden Linie zeigen sich eine Reihe ungeheurer Trichter, manchmal von 30 Fuß im Durchmesser, deren einige, mit Wasser erfüllt, im schönsten Azurblau strahlen. Die meisten sind leer und bieten so runde Schlünde dar, durch deren untere Oeffnung bald kleinere, bald ziemlich bedeutende Bäche einen Weg in das Innere des Gletschers sich bahnen. Ohne Zweifel verdanken diese Trichter ihren Ursprung den kleinen Bächlein, von welchen die Oberfläche des Monte-Rosagletschers in ungleich größerer Menge, als alle andern mir bekannten Gletscher durchfurcht wird. Die mir wahrscheinlichste Erklärung der Entstehung dieser Trichter, welche den Monte-Rosagletscher so sehr vor allen auszeichnen, ist folgende: Die Oberfläche des Gletschers ist kaum geneigt und so eben, daß das auf seiner reinen Oberfläche überall rie-

---

Insekt in zahllosen Mengen auf dem Unteraargletscher gesammelt. Es lebt auf dem Wasserbecken, so wie in dem Eise selbst, hüpft mit großer Schnelligkeit in den Zwischenräumen der Gletscherfragmente umher, und dringt so selbst bis zu einem halben Fuß Tiefe und mehr in das Eis ein. Eine sorgfältige Untersuchung konnte noch nicht angestellt werden; doch scheint es die Podura nivalis de Geer oder wenigstens ihr nahe verwandt zu sein.

selnde Wasser einen nur sehr unbedeutenden Fall hat. Die meisten der Bächlein schwemmen kleine Anhäufungen von Sand und Erde an. Als undurchsichtige Körper, welche, der Sonne ausgesetzt, sich weit stärker erhitzen, als das sie umgebende Eis, bedingen diese Sandanhäufungen durch Schmelzen des Eises eine kleine Vertiefung. Das Wasser sammelt sich darin an und schwemmt immer mehr Sand in die kleine Höhlung. Wie unsere oben angeführten Messungen beweisen, erhitzt sich das Wasser in diesen, mit Sand bekleideten Löchern weit bedeutender, als zwischen Wänden, von reinem Eis gebildet. So vergrößert sich der Trichter immer mehr und mehr im Umfang wie in der Tiefe. Allmählig aber findet das Wasser eine Spalte, einen Ausweg nach unten in die Masse des Gletschers und fließt dahin ab, so daß dann der leere Trichter übrig bleibt, dessen Form stets durch die von allen Seiten in ihn sich hineinstürzenden Wasserriesel erhalten wird. Die ungemeine Größe dieser Becken, die prachtvolle Bläue ihrer Wände zeichnet den Monte-Rosagletscher vor allen andern aus, und schon aus weiter Ferne fesselt der Anblick dieser ungeheuren Wasserbehälter das Auge des Wanderers.

Die Unbeständigkeit dieser Trichter, ihre Veränderlichkeit je nach der Witterung des Jahres, wie die dortigen Führer behaupten, scheint mir sehr für die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung zu sprechen. Warum sie nur auf dem Gletscher des Monte-Rosa sich zeigen? Ich wage nicht, diese Frage zu lösen, doch glaube ich, hängt es großentheils von der eigenthümlichen Lage des Gletschers

ab. Eingeschlossen auf beiden Seiten von beträchtlichen Eismassen, nur unmerklich geneigt, kann der Gletscher nur wenige Spalten haben, da diese, wie wir später zeigen werden, mehr auf den Seiten der Gletscher sich öffnen, und nur bei starker Neigung in großer Menge erscheinen. So fehlen dem Wasser die Abflüsse und es muß sich selbst, auf eigene Weise, gleichsam Löcher in seinen Boden graben, um einen Abfluß zu finden, was um so leichter ist, da in jener Höhe das Eis noch nicht jene Derbheit und Festigkeit hat, die es später erlangt. Der Weißthorgletscher hat auch einige Trichter, welche aber weit kleiner und weniger zahlreich als die des Monte-Rosagletschers sind. Auf unserm Panorama scheinen sie bedeutender, da sie unserm Standpunkte weit mehr genähert waren.

Auf dem Unteraargletscher habe ich ähnliche Erscheinungen beobachtet. Da indessen sein Fall weit bedeutender und mithin die Zahl seiner Spalten weit beträchtlicher ist, so werden selten von den, durch den Regen oder das Schmelzen geschwellten Gletscherbächen solche riesige Becken gebildet, da das Wasser bald quere Spalten findet, durch welche es, prachtvolle Fälle bildend, sich in das Innere des Gletschers einen Ausweg bahnt.

Fünftes Kapitel.

Farbe der Gletscher.

Alle Gletscher haben, aus der Ferne gesehen, eine leicht ins Bläuliche oder Grünliche spielende Färbung, welche aufs Angenehmste von der meist dunklen Farbe der alpinischen Gesteine absticht. Keiner ist völlig weiß. Die Farbe der Nadeln und Spaltenwände ist stets weit dunkler als die der Oberfläche. Je zerrissener deshalb der Gletscher, desto mannichfaltiger das Farbenspiel, welches ihn schmückt. Der Rosenlauigletscher von Meyringen aus, und der Glacier du Tours in der Nähe des Col de Balme, gehören unter die bemerkenswerthesten in dieser Hinsicht, da ihr Fall sehr steil und die Menge ihrer Spalten und Eisnadeln sehr bedeutend ist.

Die spaltenlose Oberfläche der Gletscher dagegen bietet da, wo sie ohne Bedeckung durch Gufferhaufen frei den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist, dasselbe matte Weiß dar, welches seit längerer Zeit gefallener Schnee zeigt. Vollkommen durchsichtig und klar dagegen erscheint

das Eis da, wo es von Guffermassen oder Blöcken bedeckt ist und namentlich an dem untern Theile der Gletscher, wo das Eis weit derber und fester ist, und oft eine so dunkle Tinte annimmt, wie Spiegelglas auf undurchsichtigem Grunde.

Mit der Festigkeit und Sprödigkeit des Eises nimmt die azurblaue Tinte der Spalten in gleichem Maße zu; je weiter nach dem Thalende des Gletschers hin die Schründe sich finden, desto prachtvoller ist der Anblick den sie gewähren. Wer im Jahre 1839 den Rosenlauigletscher besuchte, hat gewiß nicht versäumt in eine Längsspalte, welche sich auf der rechten Seite des Gletschers geöffnet hatte, einzutreten, und dort an dem wundervollen Azur sich zu weiden, welches die Wände dieses Eispallastes schmückte. *) Die azurblaue Farbe wird auffallend erhöht durch die Infiltration des Wassers, welches längs den Wänden der Schründe und Rinnen hinabträufelt, da es die Oberfläche ebnet und durch sein Eindringen und Gefrieren die Derbheit des Eises erhöht.

Verfolgt man den Gletscher bergaufwärts, so verliert das Blau allmählich, mit Abnahme der Festigkeit des Eises, an Tiefe und Sättigung; es wird mehr und mehr matt und wandelt sich oft in ein zartes Grün von selt-

*) Es scheint, als erneue sich dieser Schrund stets an demselben Orte. Ich habe ihn in diesem Jahre ganz so wiedergefunden, wie ich ihn im vorigen Jahre gesehen, und man versicherte mir, seit mehreren Jahren schon habe er fast dieselbe Gestalt.

ner Schönheit um. Das Bett der Bäche, welche die Oberfläche der Gletscher durchfurchen, nimmt besonders gern diese eigenthümliche Färbung an. Auf dem großen Zermattgletscher sticht das Beryllgrüne Bett der oft sehr bedeutenden Bäche auf das Herrlichste gegen das tiefe Azurblau der Spalten ab. Vielleicht, daß das Wasser, welches diese Bäche führen, einen eigenthümlichen Einfluß zur Hervorbringung dieser Farbe ausübt. Saussure wenigstens fand ebenfalls das Bett der Bäche des Léchaud-gletschers im zartesten Meergrün spielen, während er bei den Spalten dieser Farbe nicht Erwähnung thut.

Immer gehört indeß zur Hervorbringung dieser Färbungen, mögen sie nun ins Blaue oder Grüne spielen, ein gewisser Grad von Festigkeit des Eises; der körnige Firn zeigt sie nie, sondern ist stets weiß, wie frischgefallener Schnee.

Die Ursache dieser Färbungen ist noch völlig unbekannt; ja, meines Wissens hat man noch gar keine wissenschaftlichen Untersuchungen darüber angestellt.

Empfindsame Touristen und andere Wanderer zum Vergnügen haben freilich die poetische Hypothese aufgestellt, es sei diese blaue Farbe der Gletscher nur der Reflex der Bläue des Himmels. Es war leicht für diese Herren, welche nur bei schönem Wetter die Gletscher besuchten, solche Gründe zu erfinden; wer aber bei bedecktem Himmel, bei Regen und Wolken die Gletscher ebensogut gesehen hat, als bei heiterer Himmelsbläue, der wird bei hellen Tagen die Farbe nur etwas glänzender, als bei bedecktem Himmel, sonst aber von derselben Intensität erblickt

haben. Und dann die grüne Farbe? Sollte die auch der Wiederschein des Himmelblau sein?

Die Farbe der Gletscher scheint demnach eine Eigenthümlichkeit des sie bildenden Eises und nicht von äußeren Verhältnissen abhängig zu sein; je dichter die Eismassen, in je größeren Mengen sie angehäuft sind, desto intensiver die Farbe; ja die Anhäufung des Eises ist eine nothwendige Bedingung zu ihrem Erscheinen; denn ein Stück, welches im Ganzen das schönste Azurblau darbot, erscheint losgeschlagen eben so klar und durchsichtig, als ein Glas Wasser, aus einem See geschöpft, dessen Wasser durch sein dunkles Meergrün, wie viele unserer Alpenseen, sich auszeichnet.

Offenbar indeß erleiden diese Gletscherfärbungen, wenn auch in der eigenthümlichen Natur des sie darbietenden Eises begründet, durch lokale Verhältnisse die mannichfaltigsten Modificationen; denn, statt überall gleichförmig zu sein, wechseln sie eben so sehr als die verschiedenen Tinten der Seen, Ströme und Flüsse, und erweisen sich dadurch um so mehr als eine individuelle Eigenthümlichkeit, da bei den Gletschern nicht, wie bei den Gewässern, den Pflanzen der Ufer, der Beschaffenheit des Bodens, und vielen andern Nebenumständen ein Antheil an dieser Erscheinung zugeschrieben werden kann, denn die Gletscher schließen im Allgemeinen die Entwickelung thierischer und pflanzlicher Organismen aus, einige wenige mikroskopische Pflanzen und Thierformen ausgenommen, welche den rothen Schnee bedingen.

Der rothe Schnee ist zwar eigentlich ein fremder Körper, der sich auf dem Gletscher bildet und in keinem näheren Verhältniß zu ihm steht als die Thiere und Pflanzen zu dem Boden auf welchem sie sich entwickeln; da aber die Naturforscher stets von ihm, als einer der merkwürdigsten Erscheinungen der Gletscherregion gehandelt haben, so sehe ich mich genöthigt, etwas näher über ihn einzutreten.

Saussure *) war meines Wissens der Erste, welcher den rothen Schnee in den Alpen auffand; er sah ihn mehrmals am Mont-Bréven und dem St. Bernhard und seine Untersuchungen führten ihn zu dem Schlusse, er möge ein vegetabilischer Stoff, wahrscheinlich Blüthenstaub, sein. Nach ihm findet er sich nicht über einer absoluten Höhe von 1440 Toisen und nur in Mitte großer Schneefelder, in einer gewissen Periode ihrer Schmelzung.

Seither ist der rothe Schnee der Gegenstand vielfältig wiederholter Untersuchungen geworden; keiner aber hat ihn so sorgfältig studirt als Shuttleworth **) und da seine Arbeit eben so viel Neues als Interessantes darbietet, so beeile ich mich, durch einen Auszug seines Aufsatzes den Mangel eigener Untersuchungen zu ergänzen.

Nach einer geschichtlichen Uebersicht des vor ihm Geleisteten, gibt Shuttleworth folgenden Bericht über das von ihm Gesehene:

*) De Saussure Voyages dans les Alpes. § 646 u. 2116.

**) Bibliothèque universelle de Genève. N. 50. Février. 1840.

Am 25. August 1839 befand ich mich auf der Grimsel, als man mir berichtete, daß einige Stellen Schnee in der Nähe des Hauses sich zu röthen begönnen. Es waren einige Tage schlechten Wetters vorhergegangen, und viel Schnee gefallen, der indeß schon unter dem Einflusse größerer Wärme und warmen Regens zu schmelzen begann. Am 24. war Thauwetter und Nebel, am 25. der Himmel schön hell, die Luft warm und der schwache Wind, der herrschte, durchaus nicht kalt. Ich begab mich in Begleitung meines Freundes des Dr. Schmidt und der ausgezeichneten Naturforscher Mühlenbeck, Schimper, Bruch und Blind, deren Ankunft mich sehr angenehm überrascht hatte, sogleich an Ort und Stelle.

Der rothe Schnee begann sich eben an solchen Stellen zu bilden, wo der Schnee nie vollständig schmilzt. Die Schneeschichten waren wenig geneigt, und nach Nord-Ost und Ost ausgesetzt. Ihre Oberfläche war hie und da durch Erdtheilchen beschmutzt, streifig und leicht ausgehöhlt durch die Winde und theilweises Aufthauen, welches besonders durch diese Bedeckung mit Erde begünstigt wurde. Hie und da sah man rosenfarbige oder blaß blutfarbige Flecken von unbestimmter Gestalt und Größe, besonders in den Streifen und Löchern der Oberfläche. Die rothe färbende Masse lag in den Zwischenräumen der Körner, woraus dieser, wie aller alter Schnee, zusammengesetzt war, deshalb erschien die Oberfläche etwas marmorirt. Die gefärbten Flecken drangen bis zu einigen Zollen, zuweilen selbst bis zu einem Fuß Tiefe in den Schnee ein; die Färbung war bald an der Oberfläche, bald in der Tiefe von einigen

Zollen intensiver. Wo Steine oder Felsstücke Löcher im Schnee bedingt hatten, da waren die senkrechten Wände dieser Löcher bis auf mehrere Fuß Tiefe ebenfalls gefärbt; aber der färbende Stoff drang nur sehr wenig in den Schnee ein, der mit zunehmender Tiefe immer dichter und compakter wurde.

Eine hinreichende Menge des gefärbten Schnees wurde in Porzellangefäßen aufgethaut. Während dieses Prozesses, der meiner Ungeduld viel zu lange dauerte, setzte sich der färbende Stoff nach und nach in Form eines dunkelrothen Pulvers auf dem Grund und den Wänden des Gefäßes ab, was schon die Existenz eines gelatinösen Stoffes unwahrscheinlich machte, und nach dreistündigem Warten konnte ich endlich den zum Theil geschmolzenen Schnee unter einer Vergrößerung von 300 Dchm. untersuchen.

Ich erwartete unbelebte Protococcuskugeln zu finden. Wer beschreibt mein Erstaunen als ich die verschiedensten Gestaltungen und Formen vor mir erblickte, theils Pflanzen, theils Thiere in lebhaftester Bewegung! Größtentheils waren sie schön hellroth, bald mit einem Stich ins Karmin oder Blutroth, oder aber dunkel braunroth gefärbt und fast undurchsichtig. Außer den gefärbten Formen aber fanden sich andere, ungefärbte oder grauliche Gestalten, von denen einige, die Größeren, welche offenbar thierischer Natur waren, sich so selten fanden, daß ich ihre Anwesenheit nur für zufällig hielt, während eine unendliche Menge kleiner ungefärbter Kugeln, die alle Zwischenräume erfüllten, offenbar dem Pflanzenreich angehörten.

Die Infusionsthierchen übertrafen an Zahl bei Weitem die Pflanzenformen; billiger Weise fange ich deshalb mit ihnen an.

1. Die auffallendsten Körper, welche durch ihre große Zahl und dunkle Farbe eine Hauptursache der rothen Färbung abgaben, waren kleine ovale, fast undurchsichtige Infusorien von dunkelbraunrother Farbe. Ihr größter Durchmesser war etwa $1/50$, ihr kleinster $1/150$ Millimeter. Sie durchkreuzten das Gesichtsfeld mit großer Schnelligkeit nach allen Richtungen. Obgleich die meisten vollkommen eirund waren, so hatten doch viele die Form einer Birne, indem das eine Ende stumpf und abgerundet, das andere dünner, spitz und, wie es schien, schief abgestutzt war. Die ersteren bewegten sich horizontal vorwärts, die letzteren hielten oft mitten in ihrem Laufe an und drehten sich auf dem spitzen Ende mit großer Schnelligkeit, ohne den Platz zu ändern. In einigen ovalen sah ich, gegen ein Ende oder die Mitte hin, zwei hellere und fast durchsichtige Flecke, die ich, nach Ehrenberg, für Magenblasen hielt. Andere Spuren von Organisation konnte ich nicht wahrnehmen, und bei Vergleichung des Ehrenbergschen Werkes, welche erst nach meiner Rückkehr möglich war, konnte ich keinen Zweifel hegen, daß dies Infusorium eine neue Art der Gattung Astasia bilde, für welche ich den Namen Astasia nivalis vorschlage. (Vgl. Ehrenberg, Infus. S. 101. Taf. 7. Fig. 1.)

2. In sehr geringer Zahl fanden sich unter diesen Infusorien ovale oder runde Körper von weit bedeutenderer Größe, schön blutrother, ins Karmin spielender Farbe,

ziemlich durchsichtig und von einem hellen, ungefärbten Ringe umgeben. Ihre Größe schwankte zwischen $^1/_{12}$ und $^1/_{50}$ Millimeter. Keine Spur von Bewegung oder innerer Organisation konnte ich wahrnehmen. Ich betrachte sie indeß dennoch als Thiere und zwar als eine neue Art der von Bory und Ehrenberg aufgestellten Gattung Gyges aus der Familie der Volvocina (Vgl. Ehrenberg l. c. S. 51. Taf. 2. Fig. 3.), welche ich Gyges sanguineus nenne. Wahrscheinlich hatte Greville ähnliche, vielleicht dieselben Infusorien zur Untersuchung vor sich; er hat sie Tafel 231. Figur 8., z. Th. 5 und 6 abgebildet *), und wenn ich die Stelle, worin de Candolle den ihm von Barras von St. Bernard überschickten rothen Schnee beschreibt, recht verstehe, so hat dieser ausgezeichnete Naturforscher dieselben Thiere gesehen; in einer colorirten Zeichnung, welche Dr. Schmidt im Jahre 1827 auf der Grimsel machte, finde ich sie ebenfalls wieder.

3. Außerdem fand ich weit kleinere vollkommen sphärische und schön blutrothe Körper von geringer Durchsichtigkeit, welche, in gewissen Stellungen, am Rande eine kleine Spalte oder enge Oeffnung zeigten. Sie hatten etwa $^1/_{100}$ Mill. Durchmesser und waren nur in sehr geringer Zahl vorhanden. Sie bewegten sich in Kreisen langsam vorwärts, indem sie sich zugleich um ihre Axe drehten. Ich weiß nicht, welcher der Ehrenbergschen Gattungen diese Thiere beizuzählen sein möchten. Nach

*) Greville, Scot. crypt. Flora. Vol. IV. Taf. 231.

den Beschreibungen, welche mehrere Schriftsteller von der wechselnden Größe der Kugeln des Protococcus nivalis machen, so wie nach der schon erwähnten Zeichnung des Dr. Schmidt zu urtheilen, hat man diesen Körper für kleine Protococcuskugeln gehalten.

4. Sehr selten sah ich eine Art vollkommen kugelförmiger Körper von tiefer Karminfarbe, etwas durchscheinend gegen den Rand hin, welche von einer wasserhellen Membran umkleidet waren. Gegen den Rand hin hatte die gefärbte Körpermasse an einem bestimmten Orte eine helle, fast ungefärbte Oeffnung in Form eines Halbmondes, welche mit dem häutigen Rande zusammenhing. Sie hatten etwa $^1/_{30}$ Mill. Durchmesser. Ich sah keine Bewegung, weiß auch nicht welcher Gattung sie angehören mögen. Wie die vorigen, scheinen sie zur Gruppe der Volvocina zu gehören.

Außer diesen Thieren, welche durch ihre Farbe viel zur Röthung des Schnees beitrugen, fanden sich auch einige graue oder ungefärbte, deren geringe Zahl mich fast auf ihre zufällige Anwesenheit schließen läßt.

5. Ein ovales, ungefärbtes, durchsichtiges Infusorium, welches am einen Ende eine grauliche, körnige Masse einschloß. Größter Durchmesser etwa $^1/_8$ Mill., kleinster etwa $^1/_{20}$ Mill.

6. Einige kleinere, runde oder längliche Körper mit einer undeutlich körnigen grauen Masse erfüllt, von etwa $^1/_{100}$ Mill. Durchmesser, welche mit der Pandorina hyalina Ehrenberg's die größte Aehnlichkeit hatten. (Vgl. Ehrenberg's Infus. S. 54. Taf. 2. Fig. 34).

7. Endlich habe ich ein einziges, ungefärbtes, durchsichtiges Individuum beobachtet, welches scheinbar aus 2 kugelförmigen Körpern zusammengesetzt war. Eine Spur von Inhalt oder Organisation war nicht zu ermitteln. Eine jede dieser Kugeln hatte höchstens 1/200 Mill. Durchmesser. Vielleicht gehörte es zur Monas gliscens Ehrenbergs (S. 13. Taf. 1. Fig. 14).

Keines der drei ungefärbten Infusorien zeigte Bewegung. Die wahre Alge des rothen Schnees, so wie eine andere ungefärbte, deren Anwesenheit wahrscheinlich so viele Irrthümer in die Beschreibung des Protococcus nivalis brachte, bleibt mir nach dieser kurzen Auseinandersetzung der thierischen Formen noch zu beschreiben übrig.

8. Stets, wenn auch in kleiner Zahl, beobachtete ich vollkommen runde Kugeln von hellem Blutroth, welche mit einer granulirten Masse erfüllt und deshalb nur halb durchsichtig waren. Von fast gleicher Größe wechselte ihr Durchmesser nur zwischen 9/500 und 10/500 Mill. Sie hatten weder eine Gallert-Grundlage, noch häutigen Rand, noch Bewegung; beim Zerdrücken platzte ihr Farbestoff in Gestalt unendlich kleiner Kügelchen hervor, und die zerrissene ungefärbte Haut blieb zurück. Die Verdunstung des Wassers hatte dieselbe Wirkung zur Folge. Dies war der Protococcus nivalis Agardh's. Dieser Naturforscher hatte die inneren Körnchen, aus Mangel hinreichender Vergrößerung, nicht gesehen.

9. Zwischen und unter allen diesen thierischen wie pflanzlichen Formen fand sich eine unermeßliche Menge sehr kleiner, runder, ungefärbter Kügelchen, bald frei,

bald in Gruppen vereinigt, ohne Spur von Bewegung oder Inhalt. Ihr Durchmesser war höchstens $^1/_{500}$ Mill. Suchte man ein größeres Infusorium zu isoliren, so hingen ihm eine Menge dieser Kugeln an, welche oft zellig, fadig und knotig sich zusammenreihten. Verdampfte das Wasser unter dem Mikroskope, so zeigte sich dieselbe Erscheinung; ihre ursprüngliche Form wurde unkenntlich und frisch befeuchtet erlangten sie sie nur theilweise wieder. Es war der Protococcus nebulosus Kützing. (Linnæa 1833. S. 365. Tafel 3. Fig. 21). Ohne Zweifel gehören die kleinen ungefärbten Kügelchen, welche Bauer beobachtete, und andere, welche auf der Wasserfläche schwimmen, diesem Organismus an; und ohne Zweifel auch haben diese durch Trocknen und Zersetzung unkenntlich gewordenen kleinen Kügelchen, mit ungefärbten Resten des Protococcus nivalis gemischt, so viele Naturforscher zu dem Irrthum verführt, eine gallertartige Muttersubstanz dem Protococcus zuzuschreiben.

Ich muß hier bemerken, daß ich um 4 Uhr, bei sehr ungünstigem Wetter, obige Beobachtungen anstellte, und daß die Dunkelheit mich verhinderte, meine Zeichnungen früher als am andern Morgen zu machen. Um 11 Uhr Abends war der Schnee in den Gefäßen noch nicht vollständig geschmolzen. Morgens früh fand ich ihn vollständig geschmolzen und den Farbestoff auf dem Boden der Gefäße abgelagert; das Mikroskop zeigte mir, daß alles Leben aufgehört hatte, und die Kugeln des Protococcus kaum von den unter Nr. 3 erwähnten Infusorien zu unterscheiden waren; nur die hellere Farbe, größere Durchsichtigkeit

und der körnige Inhalt konnten einen kleinen Unterschied bedingen.

Der Aufenthalt einer zahllosen Menge mikroskopischer Thiere im Schnee, in einer Temperatur die selten über, meist unter Null steht, eine Erscheinung, die man bis jetzt kaum ahnte, zeigt uns wie viel Neues uns noch überall zu entdecken übrig bleibt, und wie sehr die Grenzen unserer Kenntnisse durch vollkommene Mikroskope sich ausdehnen werden.

Die außerordentliche Empfindlichkeit dieser Infusorien gegen die Wärme, welche, einige Grade über Null erhoben, sie tödtet; vielleicht auch das Unvermögen, jede Erschütterung und Ortsveränderung zu ertragen, sind, meiner Ansicht nach, die Ursachen, warum man ihre Mithülfe zur Färbung des Schnees bis jetzt noch nicht erkannt hat. Ich will durchaus nicht behaupten, daß die oben beschriebenen Infusorien sich immer in so großer Zahl in dem Farbestoffe des rothen Schnees finden (in meinen Beobachtungen verhielt sich die Zahl der Protococcuskügelchen zu den Infusorien etwa wie 5 — 10 : 1000); ich glaube im Gegentheil, daß der Protococcus die Infusorien oft numerisch übertrifft.

Vergleiche ich nun die Untersuchungen anderer Beobachter mit den meinigen, so scheint mir, daß Bauer und Unger ungefärbte Reste von Protococcus nebulosus und nivalis als gallertartigen Mutterboden beschrieben haben; denn in unseren Alpen wenigstens sprechen die allgemeine Vertheilung des färbenden Stoffs bis in bedeutende Tiefe des Schnees, und sein Niederschlagen an Wände

und Boden des Gefäßes beim Aufthauen desselben, meiner Ansicht nach durchaus gegen die Möglichkeit einer solchen Gallertsubstanz im frischen Zustande.

Was die Reproduction der Flocken dieser fadigen Gallertsubstanz und die Entwicklung neuer ungefärbter organischer Kügelchen, welche Bauer beobachtet haben will, betrifft, so glaube ich, daß er hier ganz neue, dem rothen Schnee durchaus fremde Organismen beobachtet habe. Wer nur irgend mit mikroskopischen Untersuchungen vertraut ist, muß wissen, mit welch ungemeiner Schnelligkeit einerseits die Arten von **Hygrocrocis, Protococcus** u. s. w., andererseits die Monaden und andere Thierformen sich entwickeln und fortpflanzen, und es könnte selbst leicht sein, daß der **Protococcus nebulosus** sich erst während des Schmelzens meines Schnees gebildet habe, und somit kein wesentlicher Bestandtheil desselben sei.

Eine Unterscheidung der verschiedenen Algen, welche man unter Protococcus zusammengefaßt, scheint mir dringend nöthig, und da, nach meinen Untersuchungen, mir die bis jetzt aufgestellten Diognosen der einzelnen Gattungen nicht genügend erscheinen, so werde ich versuchen neue zu entwerfen.

Protococcus Agardh. Syst. Alg. p. XVII. Globuli liberi sporulis repleti. _Protococcus nivalis_ Agardh. l. c. p. 13. icon. Alg. eur. n°. et tabl. 21. — _Protococcus nivalis_ tab. nostra. fig. 2. — Uredo nivalis Bauer. Journ. of. Science and Arts. vol. VII. p. 222. Tab. 6. — Nees ab Esenbeck in Browns vermischte Schriften I. p. 578 c. icon. excl. fig. 9.

Der Genuscharakter würde, unseren jetzigen Kenntnissen gemäß, viele Arten ausschließen, welche man der Gattung zugezählt hat, wie namentlich den Protococcus nebulosus, Kützing l. c. (s. unsere Tafel Fig. 10); indeß werden ohne Zweifel stärkere Vergrößerungen innere Sporen nachweisen.

Hæmatococcus Agardh. ic. Alg. eur. n°. et tab. 22 et 24. Globuli liberi sporidia sporulis repleta includentes. *H. sanguinens* Ag. l. c. n°. et tab. 24. — Microcystis sanguinea Kützing in Linnæa 1833. p. 372. — Protococcus nivalis Corda in Sturm D. Fl. et Kütz.

Die von Greville beschriebene und abgebildete schottische Pflanze wurde von Agardh, der großen Körner wegen welche sie enthält, ebenfalls zu dieser Gattung unter dem Namen Hæmatococcus Grevilli gestellt. Nach dem Hæmatococcus Noltii, welchen ich in frischem Zustande untersuchen konnte, zu schließen, sind diese Körner Sporidien, d. h. Kapseln (thecæ), welche die eigentlichen Sporen erst einschließen, was allerdings der Charakter des Genus Hæmatococcus ist, wie ich es begrenze. Allein die Anwesenheit eines gallertartigen Stratums (woran mich die Untersuchungen meines Freundes Greville nicht zweifeln lassen), weist die schottische Pflanze aus diesem Genus und ihr somit einen höheren Rang an. Den Palmellen verwand, unterscheidet sie sich von diesem Geschlecht dadurch, daß die Kügelchen außerhalb, nicht in der Gallertmasse eingeschlossen liegen. Ich schlage für diese Pflanze das Genus *Gloiococcus* Shuttl. vor.

Globuli massæ gelatinosæ affixi, sessiles sporidia sporulis repleta includentes.

Gloiococcus Grevilli Shuttl. — *Protococcus nivalis* Grev. Scot. crypt. flor. n°. et tabl. 231. excl. syn. — Hæmatococcus Grevilli Agardh icon. Alg. eur. n°. et tab. 23. — Microcystis Grevilli Kütz. Linn. 1833. p. 372. *)

Hugi **) beschreibt außer dem rothen Schnee eine andere wunderliche Pflanzenform, die er am Rande schmelzenden Schnees in den Jahren 1828 und 1829 auf dem Unteraargletscher beobachtet haben will. Seiner Beschreibung nach war es eine den Tremellen ähnliche Masse,

*) Mehrfältige Untersuchungen während dieses Sommers über den rothen Schnee haben mich einige neue, von Shuttleworth nicht erwähnte, Infusorien in demselben erkennen lassen, und mich zugleich überzeugt, daß mehrere Formen nur verschiedene Entwicklungszustände desselben Thieres sind. Eine wichtige Thatsache, welche wir beobachtet, ist die, daß der rothe Schnee auch Räderthiere beherbergt. Eine Varietät der Philodina roseola Ehrenbergs findet sich fast beständig darin, und ihre Eier scheinen einen Hauptbestandtheil des färbenden Stoffes zu bilden. Ja, es scheint als ob der Protococcus nivalis nicht eine Pflanzenform sei, sondern aus Infusorieneiern bestehe. Dr. Vogt hat während mehrerer Tage die sorgfältigsten Beobachtungen hierüber angestellt, die Formen frisch gezeichnet und wird später seine Untersuchungen im Einzelnen veröffentlichen.

**) Hugi Alpenreise. S. 372.

schön hochgelb gefärbt, handgroß, etwa $1/2$ Zoll dick, welche beim Berühren zerfloß, und bald eine schwarze Dammerde bei ihrer Zersetzung hinterließ. Niemand hat nach ihm diese sonderbare Pflanze gesehen, deren Zersetzung Hugi die zahllosen, kleinen, mit schwarzer Erde gefüllten Löcher zuschreibt, welche man auf dem Unteraargletscher findet. *)

*) Ich habe im Laufe Augusts diese gelbe Schneeproduktion öfters untersucht und mich durch das Mikroskop überzeugt, daß sie durchaus nicht organischen Ursprungs ist, sondern durch die Zersetzung der eisenhaltigen Felsarten der Guffer gebildet wird.

Sechstes Kapitel.

Die Gletscherschründe.

Alle Gletscher haben Schründe und alle Welt redet mit einer Art Schrecken von diesen Abgründen, die schon so manchen Gemsjäger und Bergwanderer verschlungen haben. Es sind dies ungeheure Risse in dem Eis, welche oft einen ganzen Gletscher bis auf den Grund durchsetzen, meist aber nur eine gewisse Tiefe erreichen und allmählich nach unten sich schließen. Man hat mehr Wesens von der Gefahr, welche sie darbieten, gemacht, als nöthig gewesen wäre, und von der großen Menge Abenteuer und merkwürdigen Geschichten, welche auf ihre Kosten erzählt werden, sind die wenigsten wahr, die meisten erdichtet. Es gibt freilich besondere Umstände, wo sie selbst dem erfahrnen Bergbesteiger und Aelpler gefährlich werden können; aber im Allgemeinen wird ihre geringe Fährlichkeit doppelt überwogen durch die wunderbare Schönheit, den der Anblick ihrer im Widerscheine der Sonne glänzenden Azurwände gewährt.

Ihre Form, Richtung und Häufigkeit wechselt ungemein, sowohl in den verschiedenen Gletschern als in den einzelnen Regionen desselben Gletschers. Den größten Einfluß übt in dieser Hinsicht die Neigung und der Fall des Gletscherbodens; doch muß auch der Beschaffenheit des Eises selbst bedeutende Rechnung getragen werden. In den oberen Regionen, wo das Eis noch wenig compakt ist, oder gar noch im Zustande des Firnes sich befindet, gibt es meist nur wenige und ziemlich regelmäßige Spalten, und der Hochfirn, obgleich meist weit steiler abschüssig als die untern Gletscherregionen, ist deshalb stets weit weniger zerrissen als diese. Man vergleiche, um sich von dieser Behauptung zu überzeugen, Taf. 1 und 2 des Panoramas der Monte-Rosagletscher mit dem Vieschergletscher, welcher Tafel 10 dargestellt ist. Die Oberfläche der Firne der Monte-Rosakette erscheint bei weitem gleichförmiger, als der nach allen Richtungen zerklüftete Vieschgletscher, obgleich der Fall des letzteren bei weitem geringer ist. Wie schon bemerkt, hängt dies nur von der besondern Beschaffenheit des Eises ab. In der Firnregion ist es noch körnig und unzusammenhängend und elastischer durch großen Luftgehalt, es rutscht daher nach und dehnt sich aus, ohne Spalten zu werfen. In der Thalregion dagegen ist es fest, spröde und brüchig durch die Infiltration und das Gefrieren des Wassers in den Haarspalten, daher bricht es und spaltet sich, statt, so wie der Hochfirn, den Unebenheiten des Bodens nachzugeben.

Bis auf den Grund dringende Schründe bieten die Möglichkeit, die Dicke des Eises zu messen. Auf dem

Eismeere des Montanvert habe ich mehrere von 60 bis 80 Fuß Tiefe gemessen; Hugi fand auf dem Unteraargletscher eine von 120 Fuß Tiefe. Ihre Breite ändert sehr; Saussure fand bei seiner Besteigung des Montblanc einen Schrund von mehr als 100 Fuß Breite, dessen Grund er nicht sehen konnte *); ich habe nirgend einen so ungeheuren Spalt, wohl aber deren von 20 bis 30 F. Breite angetroffen. Wo die Gletscher eine geringe Neigung haben, können die Schründe meist überschritten oder übersprungen werden. Sind sie zu breit, so finden sich oft natürliche Schneebrücken hinüber, wodurch man der Mühe überhoben wird, sie zu umgehen oder mit einer Leiter zu übersetzen. Wahrhaft gefährlich für den Gletscherwanderer aber werden sie dann, wenn frischgefallener Schnee ihre Ränder überdeckt oder die Sonnenhitze die oberen, noch nicht vollständig vereisten Schichten erweicht hat, und im Allgemeinen kann man nicht genug warnen vor dem durch die Nachtfröste erhärteten Schnee, denn wenige Stunden Sonnenschein reichen oft hin, die gefrorene Eiskruste zu erweichen und da den Rückweg unmöglich zu machen, wo man kaum ohne den mindesten Anschein von Gefahr passirt hat. Saussure war einigemale unter solchen Umständen in Lebensgefahr. Er erzählt selbst von seinem Aufenthalte auf dem Peléringletscher:

„Mittags um $12^3/_4$ Uhr langen wir auf dem Eise an. Die durch den Nachtfrost erhärtete Schneedecke ist etwas durch die Sonne erweicht und hat gerade die erwünschte

*) De Saussure, Voyage. Tom. IV. p. 160.

Consistenz; wir finden einige Spalten, die wir leicht umgehen und langen in 24 Minuten am Fuße des Felsen an. Meine Barometerbeobachtungen sind in 18 Minuten vollendet und um 1 Uhr 35 Minuten treten wir äußerst zufrieden den Rückweg an. Die Sonne brannte stark während der Zeit; ich freute mich anfangs darüber, weil ich vorher das Hinabsteigen über die schlüpfrige, steile Fläche gefürchtet, aber nun hoffte, den Schnee hinlänglich erweicht zu finden. Plötzlich weicht der Schnee unter meinen beiden Füßen zugleich, der rechte erreicht hinten keinen Grund, während der linke, vordere, noch einen geringen Stützpunkt im Schnee findet. Halb sitze, halb reite ich im Schnee. In demselben Augenblick sinkt auch mein Führer Peter, der unmittelbar hinter mir war, in derselben Stellung ein, und ruft mir sogleich mit starker, gebieterischer Stimme zu: „Ruhig, Herr! Keine Bewegung!“ Wir waren auf einer Eisspalte und die geringste Bewegung hätte in der That die Schneedecke zertrümmern können, die uns noch hielt. Der andere Führer, der um einige Schritte voraus und nicht eingesunken war, blieb unbeweglich auf seinem Platze stehen; Peter, ohne sich zu rühren, befahl ihm die Richtung der Spalte zu untersuchen und den Ort ihrer geringsten Breite ausfindig zu machen, doch unterbrach er sich mehrmals, um mir die größte Ruhe anzuempfehlen. Ich erwiderte, ich werde nicht die geringste Bewegung machen; ich sei vollkommen ruhig und er möge nur, wie ich, mit möglichst kaltem Blute über die Mittel, aus unserer gefährlichen Lage zu kommen, nachdenken. Ich mußte ihm diese Versicherung

geben, denn ich sah meine zwei Führer in solcher Bestürzung, daß ich fürchtete, sie möchten den Kopf verlieren. Wir erkannten endlich, daß unser Weg gerade quer über den Schrund führte; ich hatte schon diese Ueberzeugung durch den Umstand erlangt, daß mein linker Fuß sich gegen eine Schneewand stemmte, während der rechte in freiem Raume schwebte. Peters beide Beine fanden keinen Grund, da der Schnee unter ihnen gänzlich durchgebrochen war; er sah durch das Loch den leeren Raum unter uns Beiden und die tief dunkelgrünen Wände des Schrundes; nur der Schnee, auf dem er saß, hielt ihn noch. Nachdem wir so unsere Lage hinlänglich erkannt, pflanzten wir unsere beiden Stöcke kreuzweis vor mir in den Schnee, ich sprang darauf, Peter mir nach und so entgingen wir glücklich dem gefährlichen Schritte, den wir gethan. Wir schätzten nachher die Breite des Schrundes auf 7 bis 8 Fuß; Länge und Tiefe waren sehr beträchtlich. Peter empfahl mir mit vollem Rechte die größte Unbeweglichkeit, die er auch selbst beobachtete; hat der Schnee einmal den Stoß des Sturzes und das Gewicht des Körpers ausgehalten, so trägt er auch ferner und man kann so ohne Gefahr auf seinem Platze bleiben, während man durch unvorsichtige Bewegung ihn leicht einbrechen oder selbst in die Spalte sich werfen kann." (Voyage dans les Alpes. Bd. 2. S. 69.) Ich führe gerade diese Geschichte aus den Wanderungen unseres Alpenforschers an, weil sie nicht, wie die meisten ähnlichen Anekdoten, übertrieben ist. Aber ich kann seiner Meinung nicht beipflichten, wenn er weiter behauptet, „daß die

Schründe entweder gar nicht vorhanden, oder sehr wenig geöffnet gewesen sein mußten, im Momente als der Schnee fiel und daß sie erst dann sich erweitert hätten, nachdem dieser einige Dichtigkeit erlangt." Saussure schließt dies daraus, daß keine Einsenkung im Schnee am Orte des Schrundes vorhanden war. Allein gerade dies scheint mir ein Beweis gegen seine Ansicht zu sein; denn eines Theils trifft man nicht selten in den Alpen Windwehen an, wo sich der Schnee mehr als 5 bis 6 F. weit über die Felswände in die freie Luft hinausgebaut hat, und andern Theils würde der Schnee Risse, Spalten und Einsenkungen bekommen haben, hätte sich der Schrund erst nach dem Fall des Schnees weiter geöffnet.

Die einfachen (unzusammengesetzten) Gletscher werden oft in ihrer ganzen Breite von den Spalten durchsetzt, doch sind diese meistens au den Rändern breiter als in der Mitte. Die zusammengesetzten Gletscher weichen hievon ab. Wenn ihre einzelnen Zuflüsse noch getrennt von einander sind, entsprechen sich sogar meistens deren Spalten durchaus nicht. Im Zermattgletscher zum Beispiel zeigen die von dem Weißthor und dem Gornerhorn kommenden Zuflüsse meist viele und regelmäßige, der Monte-Rosagletscher nur wenige und unregelmäßige Spalten. Man hat den Bildungsursachen der Schründe bis jetzt nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Hugi schreibt sie einer übermäßigen Spannung zu, welche durch die Häufigkeit des Wechsels zwischen Wärme und Kälte in jenen Hochregionen bedingt werde; allein nicht sowohl die Schründe, sondern vielmehr die Haarspalten, welche die

ganze Gletschermasse nach allen Richtungen hin durchkreuzen, bilden sich auf diese Weise, wie wir später sehen werden. Die Unregelmäßigkeit in der Anordnung der Schründe läßt schon eine andere Bildungsweise voraussetzen. Ich glaube ihre Bildung hauptsächlich den Temperaturverschiedenheiten in den verschiedenen Schichten des Gletschers zuschreiben zu müssen. Man setze den Fall, daß die Kälte der Nacht nicht unter + 1° falle, und daß das Eis in 5—6 F. Tiefe unter Null stehe. Das Wasser, welches über Tage in die Haarspalten der tieferen Eisschicht gesickert ist, gefriert darin und dehnt sich aus; auf der Oberfläche, die weniger kalt ist, findet kein Gefrieren, folglich auch keine Ausdehnung statt, und sie wird sich nach allen Richtungen spalten durch die Spannung zwischen ihr und der unteren Schicht. Noch neuerdings habe ich diesen Fall beobachtet, ebenso aber auch gesehen, daß zuweilen das Eis in einer Tiefe von 7—8 F. nicht so kalt ist, als an der Oberfläche, was ebenfalls die verschiedensten Spannuugen zwischen den einzelnen Eisschichten, und so mannichfaltige Spaltungen bedingen muß. Die meisten auf diese Weise erzeugten Schründe (die ich zu wiederholten Malen auf dem Unteraargletscher beobachtet habe) sind kaum einen Zoll breit, oft sogar sind sie so eng, daß man Mühe hat, sie zu unterscheiden, obgleich sie oft ziemlich tief hinabgehen. Trifft nun der Gletscher in seinem Bette bedeutende Unebenheiten, steile Abstürze, so erweitern sich diese Spalten und werden dann jene gähnenden Schründe, welche oft die ganze Masse des Gletschers durchsetzen.

Oft auch bilden sich Schründe, ohne daß die erwähnten Spalten sie vorbereiten und namentlich dann, wenn ein wenig geneigter Gletscher plötzlich einen steilen Absturz antrifft, wo sich sogleich eine Menge nach oben geöffneter Schründe werfen. Ein schlagendes Beispiel dieser Art habe ich am großen Aletschgletscher gesehen. Dieser von Nord-West nach Süd-Ost geneigte Gletscher hat nur einen sehr sanften Fall und fast transversale Schründe. Allein da, wo sich eine seitliche Verlängerung des Gletschers gegen den Aletsch- oder Möriler-See hinzieht, bilden sich sogleich Schründe, welche der Axe des Gletschers parallel laufen. (S. Tafel 12.)

Hugi hat zwei Arten von Schründen unterschieden; Tagschründe, welche sich nur bei Tage und im Sommer, Nachtschründe, welche nur bei Nacht und im Winter sich bilden sollen. Die Tagschründe sind nach ihm stets weiter an der Oberfläche und verengern sich nach unten gegen den Boden; sie sind weit häufiger als die Nachtschründe, finden sich aber nie im Hochfirne. Die Nachtschründe sind am Grunde am weitesten und verschmälern sich gegen die Oberfläche hin. Ich habe mir viele Mühe gegeben, diese Angaben Hugi's zu bestätigen, aber vergebens. Indeß ist es leicht begreiflich, daß unter gewissen Verhältnissen die Schründe im Hochfirne unten weiter sind als oben; dann nämlich, wenn die untern Massen am Boden schon compaktes Eis, die oberflächlichen Schichten aber noch weniger fest sind. Indessen kann man aus solchen vereinzelten Fällen durchaus keine allgemeine Regel entnehmen; denn alle Spalten, welche

ich im Firne, selbst in einer Höhe von 10,000 F. beobachtet habe, waren oben weiter oder hatten mindestens parallele Wände. Die ungeheure Spalte, in welcher Zumstein bei seiner Besteigung des Monte-Rosa in einer Höhe von 13,128 Fuß übernachtete, war ebenfalls gegen den Grund hin enger als oben und zeigte an ihren Wänden eine Menge 3—4 Zoll breiter Schichtenstreifen, welche Zumstein für eben so viel jährliche Schneeschichten zu halten geneigt ist. Ueberdem sehe ich nicht ein, warum die Spalten des Firnes sich vorzugsweise in der Nacht und zur Winterszeit, die der Gletscher aber bei Tag und im Sommer bilden sollen. Auch Hugi bleibt uns durchaus die Erklärung seiner Behauptung schuldig.

Die großen Schründe haben meist eine zur Längenaxe des Gletschers quere Richtung. So zeigen sie sich z. B. in der oberen Region des Zermattgletschers Tafel 1 und 2. Da aber die Eismassen am Rande sich meist schneller bewegen, als in der Mitte, besonders bei starker Thalneigung, so krümmen sich die Spalten bald bogenförmig, die Convexität nach oben gerichtet, wie z. B. am Eismeer unter dem Montanvert alle Spalten ein Kreissegment bilden (s. dasselbe am Zermattgletscher Taf. 3). So lange der Abhang mäßig bleibt und der Gletscher kein seinen Weg ablenkendes Hinderniß antrifft, herrscht auch die angegebene Spaltenrichtung vor. Findet sich aber ein steiler Absturz, eine plötzliche Vertiefung im Thalboden vor, so geräth sogleich der ganze Gletscher in eine unendliche Verwirrung; die Richtung der Moränen wie der Spalten wird gänzlich unergründlich und die mannichfachen

Risse und Schründe, die sich nach allen Richtungen hin durchkreuzen, und erzeugen so die wunderlichen und oft bizarren Eisgestalten, welche unter dem Namen der Gletschernadeln bekannt sind (s. Kap. 7).

Wie der Boden, so üben auch die Thalwände einen bedeutenden Einfluß auf die Spalten aus. Ein vorspringender Felsen drängt alle Gletscherspalten in einer seitlichen Richtung von sich ab; er wird der Mittelpunkt eines Sternes von Spalten, welche von ihm aus gegen den Gletscher hin ausstrahlen; alle Schründe drehen sich von ihm weg, nach unten hin, und werden so Längsspalten, wo sie früher Querspalten waren. Das schönste Beispiel dieses Einflusses auf die Richtung der Gletscherspalten, welches mir bekannt ist, bietet das Thalende des Zermattgletschers dar (s. Taf. 5). In diesem besonderen Falle, wo der Drehungswinkel dem Thalende des Gletschers so nahe liegt, erhält sich die Längsrichtung der Spalten bis zum Ende, und ich habe im Sommer 1839, als ich den Gletscher besuchte, hier ungeheure Längsspalten, neben mehr oder minder schiefen und queren beobachtet. In dem unteren Theile des Rhonegletschers herrschen die Längsspalten durchaus über die Querspalten vor, und dies ist die Ursache der fächerförmigen Anordnung jenes Gletschers, welche besonders von der Höhe der Maienwand so sehr in das Auge fällt. Schon oben haben wir angeführt, welchen bedeutenden Verschiedenheiten die Schründe unterworfen sind, wie sehr ihre Form, Größe und Tiefe von Jahr zu Jahr, und oft in weit kürzeren Zeiträumen wechselt. Alte Schründe schließen und neue öffnen sich; stets aber

hängt ihre Anordnung im Allgemeinen von lokalen Einflüssen und besonders der Bodenneigung ab, und ist stets mehr regelmäßig bei Gletscherbetten mit geringem Fall, als da wo steile Abstürze die größte Unordnung bedingen (s. Taf. 1, 2 und 13.).

Hugi *) erzählt von der Bildung eines Schrundes, welche er beobachtete, folgendes: „Ich hörte bei großer Hitze, Abends 5 Uhr, ein ganz eigenes Getöse. Kaum sprang ich ihm 30—40 Schritte entgegen, so fühlte ich unter meinen Füßen die Masse schlagweise erzittern, und bald entdeckte ich den Grund; der Gletscher warf einen Riß. Zehn bis zwanzig Fuß rissen oft in einem Momente, so daß ich nicht nachzuspringen vermochte. Oft schien es aufhören zu wollen, und die Masse trennte sich nur langsam, dann aber warf sich, erschütternd, der Riß weiter. Mehrmals eilte ich voraus und legte mich dann auf den Gletscher hin. Da fuhr der Riß gerade unter meiner Nase durch, wobei die bewegte Masse mich bedeutend erschütterte, ohne jedoch das genaue Beobachten zu hindern. Die Spalte öffnete sich beim Entstehen unter schlagweisem Zittern der Masse etwa 1½ Zoll, dann aber schloß sie sich wieder enger, so daß ihre Oeffnung nirgends einen Zoll betrug. Sie war etwa 4—5 Fuß tief. Da ich nach einigen Tagen den Gletscher bewanderte, stieg ich wieder zu jener Spalte empor. Sie hatte seither sich 6 Zoll weit geöffnet und ihre Tiefe konnte ich nicht mehr bestimmen.“

*) Naturhistor. Alpenreise, pag. 354.

De Saussure mußte bei der Rückkehr vom Montblanc eine Schneewand von 50° Neigung hinabklettern, um einen Schrund zu umgehen, der sich während seines Verweilens auf dem Gipfel geworfen hatte. *)

Eine andere Art von Oeffnungen auf der Gletscherfläche, die Wasserbecken, hat man meist mit den Schründen verwechselt, obgleich die Art ihrer Entstehung durchaus verschieden ist. Schon oben bei dem Monte-Rosagletscher habe ich ihrer Erwähnung gethan, und bemerkt, daß sie, bei einer elliptischen Form, oft eine Länge von 10—12 Fuß auf eine Breite von 3—4 Fuß erreichen. Wie die Trichter, verdanken sie ihre Entstehung den kleinen Wasserrieseln, welche die Gletscherfläche durchfurchen und welche in den niederen Eindrücken Sand und Erde zusammenschwemmen. Diese kleinen, mit Sand ausgekleideten Tümpel graben sich, durch ihre Erhitzung an der Sonne und das Schmelzen des umgebenden Eises immer tiefer, oft bis auf 20 Fuß in die Gletscherfläche ein. Das Wasser sammelt sich darin an, bis eine Spalte das Becken durchsetzt und einen Ausweg nach unten öffnet. Man trifft diese Wasserbecken nur auf wenig geneigten Gletscherflächen an, wo wenige Spalten vorhanden sind, wie namentlich auf dem mittleren Theile des Unteraargletschers und auf dem Zermattgletscher.

Die senkrechten Runsen, welche ich ebenfalls von den Schründen unterscheide, werden durch die Gletscherbäche gebildet, wenn sie Spalten in ihrem Lauf antreffen, durch

*) Voyages dans les Alpes. Tom. 4. p. 149.

welche sie sich, oft in prachtvollen Wasserfällen, in die Tiefe stürzen. Da aber diese Bäche fast täglich ihren Lauf ändern, so trifft man oft solche leere Runsenlöcher an, über welche man sich nicht Rechenschaft zu geben vermöchte, hätte man die Art ihrer Bildung nicht früher beobachtet.

Siebentes Kapitel.

Die Gletschernadeln.

Die wunderlichen, bizarren Formen dieser Gebilde, der blaue Wiederschein ihrer senkrechten Wände, die Mannichfaltigkeit ihrer stets wechselnden Gestalten, ziehen schon aus weiter Ferne das Auge auf sich, und der Strom der Vergnügungsreisenden, welche jährlich die Schweiz besuchen, wendet sich meist nur den Gletschern zu, welche durch Mannichfaltigkeit und Menge ihrer Nadeln sich auszeichnen.

Die Anwesenheit von Nadeln beweist immer einen sehr unebenen und stark geneigten Thalboden. Die Neigung allein, möge sie noch so bedeutend sein, reicht nicht zu ihrer Hervorbringung hin, wenn der Boden eben ist; sie bedingt dann nur mehr oder weniger häufige Spalten. Mehrere Zuflüsse des Unteraargletschers z. B. haben mehr als 30° Fall und doch eine ziemlich gleichmäßige Oberfläche, während andere, deren Bodenneigung weit geringer ist (der untere Grindelwaldgletscher z. B.) von Nadeln

starren. Ist der Thalgrund höckerig, die Neigung aber schwach, so verwerfen sich die Schründe und der Gletscher bekommt ein unordentlich durcheinandergeworfenes Ansehen, selten aber Nadeln.

Die Formen der Nadeln sind um so kühner und bizarrer, je näher dem Thalende sie erscheinen, und die Einbildungskraft der Führer wie der Touristen, hat sich von jeher bemüht, die seltsamsten Aehnlichkeiten und sonderbarsten Phantasiegebilde aus ihren stets wechselnden Gestalten herauszuziffern. Was hat man nicht alles aus den Nadeln des Bossonsgletschers oder des Eismeeres unterhalb des Montanvert gemacht? Die schlanken aber einförmigen Nadeln des Zermattgletschers, die ich Tafel 6 und 7 abgebildet habe, boten unserer, vielleicht etwas zu nüchternen Phantasie keinen solchen Tummelplatz dar.

Gletscher mit sanfter Bodenneigung, wie die beiden Aargletscher, der Zmuttgletscher im St. Niklausthale und andere, zeigen nie Nadeln, während andere, deren Bett sehr steil abfällt, in ihrem ganzen Verlaufe davon starren. Der Vieschgletscher, welcher Taf. 9 und 10 abgebildet ist, gleicht durch die Menge und Form seiner Nadeln, welche in seinem ganzen Verlaufe sich drängen, mehr einem gefrorenen Wasserfalle, als einem ruhigen Eisstrome.

Bemerkenswerth erscheint es, daß die Wände der Nadeln, obgleich allen zerstörenden Einflüssen der Atmosphäre eben so gut ausgesetzt als die Oberfläche der Gletscher, doch nie rauh, uneben und körnig, wie diese, sondern stets vollkommen glatt und eben erscheint, und meist in

einem schönen blauen oder grünen Wiederscheine strahlt. Diese schöne blaue Tinte der Nadeln ist es besonders, welche die Gletscher, wo sie zahlreich vorkommen, so sehr vor allen andern auszeichnet. Die Glätte der Wände hat Saussure schon, und gewiß richtig erklärt; sie hängt lediglich davon ab, daß das durch die Schmelzung der Eisoberfläche entstehende Wasser nicht, wie auf den oberen Gletscherflächen, durch Ritze nach unten sickert, sondern den steilen Wänden entlang hinabrieselt, so daß diese beständig von flüssigem Wasser abgewaschen werden.

Deshalb sind auch die Gletscher, welche die meisten Nadeln haben, in malerischer Hinsicht die schönsten. Gruner gibt davon eine ganz falsche Erklärung. Er meint, die kleinen Gletscherriesel grüben sich ein zunehmend tieferes Bett und zerschnitten so die Eismassen in konisch vertikale Stöcke. Allein die stete Veränderlichkeit des Laufes der Gletscherbächlein läßt eine solche Entstehungsweise der Nadeln durchaus nicht zu.

Verfolgt man den Gletscher bergaufwärts, so werden die Nadeln seltner, und wenn sich auch einige finden, so sind sie stets weniger schlank als die des Thalendes. Es ist dies eine einfache Folge der verschiedenen Dichtigkeit des Eises; je härter und fester dieses ist, desto leichter spaltet und reißt es nach allen Richtungen, und wenn solche compakte Eismassen, schon stark zerklüftet, einen steilen Abhang hinabstürzen, so müssen die mannichfaltigsten Formen und Gestalten von Nadeln sich entwickeln, um so mehr, da bei der Festigkeit des Eises auch eine Nadel von geringer Mächtigkeit sich aufrecht erhalten kann,

welche in höheren Regionen, aus lockererem Eise gebildet, durch ihr eigenes Gewicht zusammenstürzen würde. Es können daher dort, in dem Firn und der Hochregion des Gletschereises zwar Spalten und Schründe, aber keine Nadeln entstehen, da derselbe Grund, welcher in den oberen Regionen auch die Menge der Spalten vermindert, auch der Entwicklung der Nadeln hemmend entgegen tritt.

Die queren Zerklüftungen der Gletscher bilden deshalb noch nicht Pyramiden, zu deren Bildung noch ungleichmäßige seitliche Zerwerfungen erforderlich sind, welche unregelmäßig prismatische Massen bedingen, die durch Abschmelzen und Verdampfen nach oben sich zuspitzen. Nicht allein auf den Gletschern zeigt sich diese Erscheinung. Die großen Eisblöcke, welche sich vom Aletschgletscher losreißen und auf dem Mörilersee schwimmen, schmelzen ebenfalls pyramidenförmig ab und behalten die schöne azurblaue Farbe der Gletschernadeln (s. Taf. 12).

Die Schichtungsspuren, welche man zuweilen an den Spaltenwänden sieht, erleichtern die Zerstörung dieser Gebilde und oft sieht man ganze Nadeln dadurch zusammenstürzen und die Schründe, welche sie umgeben, ausfüllen; an mehreren Stellen des Vieschergletschers besonders kann man dies beobachten (s. Taf. 9 und 10).

Achtes Kapitel.

Die Moränen.

Die Aelpler der französischen Schweiz nennen **Moränen** die Block- und Schuttanhäufungen, welche sich bald wie Wälle längs dem Rande der Gletscher hinziehen, bald auf der Oberfläche selbst sich über das Eis erheben und dasselbe bedeckend, den Gletscher hinab sich erstrecken. Man hat ihnen bisher viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt; nur flüchtig im Vorübergehen wurden sie in den meisten Werken erwähnt, und doch sind sie eine der wichtigsten Erscheinungen im Gebiete der Gletscherwelt und ihr Studium fast das einzige Mittel, die Schwankungen und Grenzen der alten Gletscher auf das Bestimmteste festzusetzen.

Ich habe für diese Blockmassen im Allgemeinen, welche alle Gletscher mit sich schieben, den französischen Namen Moränen beibehalten zu müssen geglaubt, da die deutschen Aelpler wohl für die einzelnen Arten, nicht aber für das

Ganze einen allgemein gültigen Ausdruck haben. Ich unterscheide aber mit den deutschen Aelplern unter dem Namen der Gandecken die seitlichen und unter der Bezeichnung Gufferlinien die Mittelmoränen. Unter Endmoränen verstehe ich die Wälle, welche meist halbmondförmig das Thalende eines Gletschers umgrenzen, und Gletscherschutt nenne ich mit den deutschen Aelplern die Block- und Schuttdecken, welche oft große Strekken der Gletscheroberfläche überdecken. Die Gandecken oder Seitenmoränen begrenzen den Gletscherrand und sind die Folge der Felsbrüche und Erdstürze der einschließenden Thalwände, welche sich hier in Massen am Rande anhäufen. Die Gufferlinien oder Mittelmoränen hingegen bilden ungeheuer lange parallele Wälle auf der Gletscheroberfläche; sie entstehen aus der Verschmelzung zweier Gandecken, welche, beim Zusammenfluß zweier Gletscher in demselben Thal, sich mit einander vereinigen. Die Endmoränen bilden oft ungemein hohe und steile Wälle, welche das Thalende des Gletschers einschließen und bilden sich aus den Fels- und Schuttmassen, welche der Gletscher, beim Vorwärtsrücken, vor seinem Fuße einherschiebt. Bei vielen Gletschern endlich breiten sich die Gufferlinien und Gandecken gegen das Thalende hin so aus, daß sie die ganze Oberfläche, oft im Bereiche einer Stunde und mehr, mit einer wahren Decke von Blöcken und Schutt überziehen, so daß es oft schwer hält, sich von der Existenz des Eises darunter zu überzeugen; diese Ausbreitungen nenne ich Gletscherschutt oder Blockdecken.

Ehe wir zu der Betrachtung der Moränen selbst, ihren Modificationen und der Einwirkung, welche der Gletscher auf sie und sie auf den Gletscher ausüben, übergehen, ist es nöthig, die Art und Weise zu untersuchen, wie sie sich bilden und entstehen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Steine und Felsblöcke, welche sie bilden, von den Thalwänden herstammen; der mineralogische und petrographische Charakter der Steine ist dafür ein unumstößlicher Beweis. Sollten sich, was oft begegnet, am Ende eines Gletschers Felsarten in der Moräne treffen, welche von derjenigen der Thalwände verschieden sind, so braucht man nur den Gletscher bergauf zu verfolgen, um das Gestein in der Höhe anstehend zu finden (s. Kap. 12 über die Bewegung der Gletscher). Regen, Schnee, Lawinen, Blitz, Verwitterung, kurz alle atmosphärischen Agentien, hat man unter den Ursachen angeführt, welche die Loslösung dieser Felsmassen von den Thalwänden bewirken. Am mächtigsten indeß wirkt ohne Zweifel das Gefrieren des in die Ritzen und Spalten der Felsen sickernden Wassers. Durch die Ausdehnung, welche das Wasser im Momente seiner Erstarrung zu Eis erleidet, werden die Fugen lockerer und der Wechsel des Aufthauens und Gefrierens läßt dies scheinbar machtlose Element, wie einen allmählich mit wachsender Kraft eindringenden Keil wirken, welchem die festesten Gesteine nicht widerstehen. Diese Wirkung wird da um so fühlbarer, wo die Oscillationen der Temperatur in der Nähe des Gefrierpunktes bedeutend und häufig sind, also besonders an den Orten, deren mittlere Temperatur etwa auf dem

Frostpunkte steht, und es enthält dies den einfachen Grund der Erscheinung, daß die niederen Alpenthäler, wenn auch von hohen und steilen Felswänden eingeschlossen, doch nicht so sehr von Blöcken und Felsschutt erfüllt sind, als die Gletscherthäler der Hochregion.

Die Natur des Gesteines der Thalwände übt gleichfalls einen mächtigen Einfluß aus. Geschichtete, leicht splitternde, mannichfach zerklüftete Felsarten, schüttern weit leichter, und bilden so weit bedeutendere Moränen, als derbe, compakte, gleichförmige Gesteine. Es existirt aber keine alpinische Felsart, welche nicht mehr oder weniger unter dem zerstörenden Einflusse der Atmosphäre litte und in den verschiedenen Moränen angetroffen würde.

So werden durch stets erneuertes Eindringen des Regen- und Schneewassers in das Gestein, durch den steten Wechsel zwischen Gefrieren und Aufthauen, die Fugen immer weiter, der Zusammenhang der Brocken und Blöcke immer lockerer, und es genügt eine geringe Störung des Gleichgewichts, um die aus dem Zusammenhang gelösten Massen von den Felswänden loszureißen und in die Thäler hinabzuschleudern, welche meistens von Gletschern erfüllt sind.

Indeß bilden solche einzelne Felsstürze, welche hie und da am Gletscherrande liegen, noch keine Moränen; erst wenn sie zusammenhängende Wälle längs dem Gletscher hinab bilden, und durch die stete Fortbewegung desselben in lange Linien umgewandelt sind, welche einerseits an den Gletscher, anderseits an die Thalwand sich lehnen, erst dann nennt man sie Moränen. Die Seitenmoränen

bilden meist einen Abfall gegen die Thalwände hin gerichtet (s. Taf. 9). Indeß wechseln die Verhältnisse ihrer Auflage sehr nach dem Gletscherstand; oft, bei sehr steilen Thalwänden, ruhen die Gandecken gänzlich auf dem Gletscher, besonders wenn er im Wachsen begriffen ist; oft lehnen sie sich nur an seinen Rand an und sind selbst niederer als dieser, besonders bei sanften Thalwänden und Abnahme des Gletschers. Die auf der Oberfläche des Gletschers zerstreuten Blöcke, sammeln sich meist bald an den Seiten an, eine nothwendige Folge der Art des Vorrückens der Gletschermasse. Der Gletscher schiebt bei seinem Vorwärtsrücken alle beweglichen Massen längs den Thalwänden hinab mit sich, und reibt und knirscht sie gegeneinander und gegen die Felsen seines Bettes, während die auf seinem Rücken ruhenden Blöcke von ihm, ohne eine Reibung zu erleiden, fortgetragen werden. Die Winkel und Kanten der Felsstücke, welche die Gandecken bilden, werden daher abgestumpft nnd zugerundet, während die gleichmäßig fortgetragenen Guffersteine ihre Ecken erhalten. *) In den Seitenmoränen dagegen findet man

*) Am meisten werden die Felsfragmente zerrieben und abgerundet, welche auf den Gletschergrund, zwischen das Eis und die Thalsohle gerathen, und deshalb findet man meist unter dem Thalende der Gletscher bedeutende Anhäufungen vollkommen zugerundeter Gerölle, nie aber große eckige Blöcke, welche man nur auf dem Gletscher selbst findet, wo sie, ohne selbst merklich Platz zu ändern, von diesem fortgetragen werden.

bunt untereinander gemengte Blöcke von allen Größen und Formen, vom eckigsten Kantenblock bis zu den abgerundetsten Kieseln und selbst dem feinsten Reibsande, der sich namentlich da findet, wo schiefrige, kalkige und besonders merglige Gesteine die Thalwände bilden. An solchen Orten zerreibt der Gletscher die weichen Steine zu einem feinen Schlamm, der unter ihm hervorquillt (Rosenlaui), oder wirft lehmige Wälle vor sich auf (oberer Grindelwaldgletscher), während auf Kiesel, Granit und Serpentinboden sich die schönsten abgerundeten Rollsteine finden (Trient, Zermatt u. s. w.).

Die Größe der Moränen variirt sehr je nach der Häufigkeit der Felsstürze und der Natur des Gesteines der Gletscherthäler, wie schon bemerkt wurde. Doch gewinnen sie im Allgemeinen an Mächtigkeit, je weiter sie zu Thal steigen und dem Gletscherende sich nähern; aus dem einfachen Grunde, daß der Gletscher, welcher stets thalabwärts rückt, einen großen Theil der oberen Moränen mit sich nach unten schiebt, deren Masse dann durch den unteren Thalschutt vermehrt wird. Doch steht diese Vergrößerung der Moränen nach unten nicht in gleichem Verhältniß mit der Masse des Thalschuttes; denn, obwohl der größte Theil der Felsblöcke, die aus den höheren Regionen stammen, von dem Gletscher nach unten geschoben wird, so läßt dieser doch überall einzelne Blöcke und oft ziemlich große Massen bei seinem Vorrücken zurück, welche, außer dem Bereich seiner fortbewegenden Kraft, in der einmal angenommenen Lage bleiben, und auf diese Weise nicht zur Vermehrung der unteren Moränen beitragen.

Außerdem aber begründet auch der Zustand des Gletschereises selbst zum großen Theil die geringere Mächtigkeit der Moränen in den höheren Regionen. Die Blöcke, welche oberhalb der Firnlinie von den Felskämmen herab auf den Gletscher rollen, bleiben nicht auf der Oberfläche liegen, sondern sinken in der körnigen Masse ein, da der Zusammenhang der Eismassen zu gering ist, um ihr Gewicht tragen zu können. Sehr bedeutende Gletscher, obgleich zwischen steil abgerissenen Felswänden eingeschlossen, von welchen beständig Blöcke sich losreißen, ermangeln aus diesem Grunde oft fast gänzlich der Moränen in ihren höheren Partheieen.

Hat man einen Punkt gewonnen, wo man einen Gletscher in der ganzen Länge seines Laufes übersehen kann, so sieht man, je weiter nach oben, desto mehr die Moränen an Mächtigkeit abnehmen, und endlich gänzlich verschwinden. Namentlich die aus mehreren Zuflüssen zusammengesetzten Gletscher zeigen dies Phänomen aufs schönste, und die von der Monte-Rosakette in den Zermatgletscher hinabsteigenden, bieten eines der ausgezeichnetsten Beispiele dieser Art dar. Von der Höhe des Riffels, dem Aufnahmspunkte des Panoramas Taf. 1 u. 2, verfolgt man die einzelnen Moränen fast alle bis etwa in die gleiche Höhe, wo sie verschwinden. Einige freilich sind so gering, daß das bloße Auge von hier aus sie nicht zu unterscheiden vermag. Allein trotz dem haben wir uns versichern können, daß alle fast in derselben Region, d. h. etwas über der scheinbaren halben Höhe des Gebirges endigen. Einige dieser Moränen, z. B. die zwischen

den beiden Monte-Rosagletschern, die beiden Moränen des kleinen Matterhorns, lassen sich so bis zur Höhe von etwa 10,000 F. deutlich mit den Augen verfolgen. Die angeführten Beispiele sind Mittelmoränen, die Seitenmoränen müssen deshalb noch höher hinaufreichen, da eine Gufferlinie nur aus dem Zusammenfluß zweier Gandecken entstehen kann; das Auge kann sie indeß nicht so weit verfolgen, indem sie mit den gleichförmigen Felswänden, an welche sie sich lehnen, in der Ferne verschmelzen, während die dunklen Gufferlinien auf dem schneeweißen Grunde noch in großer Ferne sich auszeichnen.

Warum aber, wird man fragen, verhalten sich die Gletscher so verschieden in verschiedenen Höheregionen zu ihren Moränen? Die Aelpler behaupten überall, der Gletscher leide keine Unreinigkeit in seinem Innern und stoße alle Steine auf der Oberfläche aus. Man hat mit einer Art Mitleid diese Behauptung gegen Ende des vorigen Jahrhunderts von Seite der Gelehrten belächelt und sie unter die Volksmährchen gerechnet, und dennoch ist sie vollkommen richtig und wahr. Wer je einen Gletscher in der Nähe betrachtet hat, würde lügen müssen, wollte er behaupten, in der Masse des Eises, an dem Thalende oder in den oft tiefen Spaltenwänden einen Stein gesehen zu haben.*) Steigt man aber in die Hochregion, so sieht

*) In diesem Jahre habe ich, das erste Mal, seitdem ich die Gletscher besuche, einen Kiesel in dem compakten Eise des oberen Grindelwaldgletschers gesehen; habe mich aber überzeugen können, daß er in eine Spalte gefallen war, welche sich wieder vollkommen geschlossen hatte.

man von einem gewissen Punkte an, die Moränen mehr und mehr ins Eis einsinken und endlich in seiner Masse verschwinden. Natürlich; das bröckliche Eis, welches im Begriffe ist, in Firn überzugehen, hat nicht Zusammenhang genug, um die Felsblöcke auf seiner Oberfläche zu tragen; sie sinken in der weichen, körnigen Masse zu Boden. Die Firnmasse bewegt sich aber in ihrer Gesammtheit stets thalabwärts und wird dadurch mehr und mehr der Sonnenhitze und der Schmelzung durch dieselbe ausgesetzt. Das geschmolzene Eiswasser sickert nach unten, läuft an den Blöcken, welche es im Innern der Firnmasse antrifft, nach allen Richtungen hinab, und tränkt so den umgebenden Firn. Durch die Nachtfröste, so wie den erkältenden Einfluß der Firnmasse selbst, gefriert das Eiswasser zwischen den Firnkörnern und bildet so eine festere Masse, die sich ausdehnt. Diese sich ausdehnende compaktere Eismasse drückt von allen Seiten gegen den Block und hebt diesen, da der feste Felsgrund nach unten der Ausdehnung Schranken setzt, die oberen Firnschichten aber, locker und körnig wie sie sind, nur geringen Widerstand leisten, in die Höhe. So können wahrhaft riesenmäßige Felsblöcke allmählich an die Oberfläche gebracht werden, und zwar derbe, eckige Stücke weit leichter, als breite Platten; aus dem einfachen Grunde, weil bei ersteren die seitliche Pressung der umgebenden Eismasse zu der Pressung von unten nach oben hinzukommt und diese unterstützt, während bei breiten Platten, sie müßten denn mit der schmalen Seite nach unten im Eise stecken, diese seitliche Pressung nur äußerst gering ist.

Es ist indeß leicht einzusehen, daß die Blöcke nie an demselben Orte an die Oberfläche kommen, an welchem sie in den Gletscher gefallen sind; die Linie, welche sie während ihrer Hebung beschreiben, muß vielmehr eine Diagonale sein zwischen der senkrechten Hebungsrichtung, welche durch den erwähnten Prozeß bewirkt wird, und der mehr oder weniger geneigten Linie, welche das Thalgefälle bildet, worauf die ganze Gletschermasse nach unten vorrückt.

Die Schnelligkeit, womit die in den Firn gefallenen Blöcke wieder auf der Oberfläche anlangen, hängt einzig von atmosphärischen Einflüssen ab. Gesetzt, ein Stein stürze im Jahre 1840 in die Firnmasse. Fällt im Winter viel Schnee und ist der folgende Sommer kalt, herrschen keine trockene Winde, welche die Verdunstung befördern, so wird der Block nur geringe Fortschritte während des Jahres machen. Das Gegentheil wird eintreten, wenn wenig Schnee fällt und Sonnenhitze und Winde während des Sommers die Verdunstung und Schmelzung befördern.

So stellen sich denn drei mächtige Hebel dieser aufwärtssteigenden Bewegung der Blöcke hervor; zwei negative, welche nur indirekt dadurch wirken, daß sie die Masse, welche der Block noch zu durchlaufen hätte um an die Oberfläche zu gelangen, täglich mindern, und so sein zu Tage kommen beschleunigen: die Abschmelzung und Verdunstung der Oberfläche; während der dritte Hebel, die Verwandlung des Schmelzwassers in Eis, unmittelbar und weit mächtiger, als die beiden andern wirkt.

Anders ist das Verhältniß der wirkenden Kräfte, wenn ein Block in der Nähe des Thalendes in einen Gletscherspalt fällt. Da verhältnißmäßig nur wenig Wasser in das compacte Eis einsickert, so kann die durch dessen Gefrieren bedingte Hebung nur sehr gering sein, während Verdunstung und Abschmelzen in der wärmeren Luft des Thales das Meiste wirken.

Die Blöcke haben aber nicht allein diese Hebungsrichtung von unten nach oben gegen die Oberfläche; durch die Art der Vorwärtsbewegung der Gletscher erhalten sie auch eine schiefe Bewegungsrichtung von der Mitte gegen den Rand hin, welche dadurch bedingt wird, daß der Gletscherrand schneller vorrückt als die Mitte, und welche bewirkt, daß jeder, auch noch so vereinzelte Block nach längerer oder kürzerer Zeit sich irgend einer Moräne einschließen muß.

Die Form der Moränen und namentlich der Gufferlinien ist besonders durch die verschiedenen Einflüsse der atmosphärischen Agentien bedingt, und wir werden später, nachdem wir den Ursprung der Mittelmoränen vorerst behandelt, auf diesen Punkt zurückkommen.

Den Gufferlinien (Mittelmoränen) ward bisher nicht die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt, und namentlich ihr Ursprung meistens falsch oder ungenügend erklärt. Selbst Saussure, der doch so viele gesehen, bildete sich eine total falsche Ansicht von ihnen; er erklärte sie für das Resultat einer Neigung, welche die Eismassen hätten, sich gegen die Mitte der Thäler hinzudrängen, und dort die Steine und den Schutt, womit sie bedeckt sind, zusam-

menzuhäufen. Diese Neignng ist nach ihm eine Folge der Form der Thäler, welche stets in der Mitte tiefer, als an den Rändern sind. Er sagt selbst: *)

„Ein Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung ist der Umstand, daß man gegen Ende des Sommers, namentlich in breiteren Thälern, an vielen Orten, den Rand des Gletschers in ziemlicher Entfernung von dem Fuße der Bergwände antrifft. Es wird diese Entfernung nicht allein durch das Abschmelzen des Eises längs der Ränder, sondern auch durch seine Zusammenziehung gegen die Thalmitte hin verursacht. Im Winter füllen sich diese Zwischenräume wieder mit Schnee, der sich mit Wasser tränkt und in Gletschereis verwandelt. Die neugebildeten Eisstreifen längs der Berge bedecken sich mit Trümmern, werden aufs Neue im folgenden Jahre während ihres Hinabsteigens gegen die Thalmitte geschoben, und so entstehen diese parallelen Streifen, welche sich in einer Diagonale zwischen der Neigung des Thalbodens gegen seine Mitte und dem Abhange des Thales selbst vorwärts bewegen."

So scharfsinnig diese Erklärung auch erscheinen mag, und so allgemein sie angenommen wurde, so falsch ist sie. Wollte man dieses Drängen der Eismassen gegen die Thalmitte zugeben, so müßte man auch nothwendigerweise annehmen, daß die Bewegung des Gletschers in der Mitte schneller sei als am Rande, und dann müßten die Querschründe im Allgemeinen nach unten convexe Bogen darstellen. Allein gerade das Gegentheil ist der Fall; alle

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes. Bd. I. p. 382.

Schründe, wie wir oben gesehen haben, bilden mehr oder weniger nach unten geöffnete Kreisabschnitte, deren Schenkel an den Seiten weit tiefer hinabreichen als in der Mitte. Ferner müßten, wollte man Saussure's Meinung behaupten, die Guffer eine schiefe Richtung von außen nach innen haben; ich habe dies nie gesehen, sondern stets im Gegentheile eine Neigung, sich von innen nach außen zu zerstreuen, an ihnen bemerkt; eine natürliche Folge der Bewegungsgesetze der Gletscher. (Im Kapitel von der Bewegung der Gletscher werden wir sehen, warum diese am Rande schneller ist als in der Mitte.)

Der leere Raum, welchen man oft zwischen dem Gletscherrande und dem Fuße des Gebirges sieht, beweist ebenfalls durchaus nichts für dieses Drängen der Eismassen gegen die Thalmitte. Er entsteht ganz einfach durch das Zurückprallen der Licht- und Wärmestrahlen von den Thalwänden, wodurch die Abschmelzung auf den Seiten weit stärker ist. Zwar bedeckt sich der Raum im Winter mit Schnee; aber dieser Schnee trägt wenig zur Vermehrung des Gletschers bei, wenigstens im unteren Theile derselben; er schmilzt vielmehr weg, bevor er sich noch in Eis hat verwandeln können, da die schmelzende Kraft der durch die Thalwände zurückgeworfenen Wärmestrahlen weit stärker auf den losen Schnee, als das compakte Gletschereis wirken muß.

Man hätte nicht so weit zu gehen brauchen, um ein so einfaches Phänomen, als die Gufferlinien sind, zu erklären; schon eine oberflächliche Untersuchung reicht hin, um zu beweisen, daß sie stets da aus der Vereini-

gung zweier, einander zugekehrter Seitenmoränen entstehen, wo zwei Gletscher zusammenfließen in ein gemeinschaftliches Bett. Der einfachste Beweis für meine Ansicht ist der, daß man Gufferlinien nur auf zusammengesetzten, nie aber auf einfachen Gletschern findet, und daß ihre Anzahl stets im Verhältniß zu der Zahl der einzelnen Zuflüsse des Gletschers steht. Sie bilden breite hohe Wälle, welche sich auf der Oberfläche der Gletscher in weite Ferne hin verfolgen lassen, verschmelzen aber im Hinabsteigen allmählich mit den Seitenmoränen, da die Gletschermasse auf den Seiten schneller vorwärts rückt als in der Mitte.

Zuweilen findet man Gufferanhäufungen, welche keine zusammenhängenden Linien, sondern einzelne Schutthaufen, oft von bedeutender Masse, bilden. Ich nenne diese vorübergehende Guffer, weil sie von Lawinen und Felsstürzen herrühren, welche auf den Gletscher gefallen sind und mit diesem dann vorrücken. Sie haben durchaus keine Beständigkeit, da sie ihre Entstehung nur dem Zufall verdanken, finden sich aber doch ziemlich häufig auf manchen Gletschern, wie z. B. dem Unteraargletscher.

Die Gufferlinien, wo man sie auch finden mag, zeigen deßhalb stets einen aus zwei oder mehr Zuflüssen zusammengesetzten Gletscher an. Es gibt Gletscher, wo man vier und mehr solcher Wälle antrifft, die sich von Weitem sehr schön als parallele, schwarze Striche auf dem weißen Grunde auszeichnen. Bei unserem Besuche des großen Zermattgletschers überkletterten wir vier Mittelmoränen, um vom Riffel aus an den Fuß des Monte-Rosa

zu gelangen. Es waren dies, von der rechten zur linken, die Gufferlinie vom Weißthor, vom Gornerhorn, vom Monte-Rosa und diejenige, welche den kleinen Gletscher des Monte-Rosa vom großen derselben Kuppe scheidet. Weiter nach links und unten kommen immer neue Gufferlinien hinzu, je mehr Zuflüsse mit dem großen Haupteisstrome sich vereinigen: die vom Lyskamm, dem Breithorn und der Fürkeflue. Wo aber diese neuen Guffer sich an die alten anschließen, da beginnen die alten, auf dem rechten Ufer gelegenen, schon mit einander zu verschmelzen; die Moränen vom Weißthor und dem Gornerhorn vereinigen sich zuerst und mischen dann ihre Massen mit der Sanddecke vom Riffel, welche die rechte Seitenmoräne des großen Gletschers ist (s. Taf. 1 und 2). Eben so verschmelzen die Guffer vom Monte-Rosa, Breithorn, kleinen Matterhorn und die übrigen gegen das Thalende des Gletschers so vollständig, daß man an dem Ausgange des Zermattgletschers nur noch zwei Seitenmoränen, kaum Spuren von den Mittelmoränen mehr erblickt.

Einen je größeren Weg die Gletscher vor ihrer Vereinigung zurückgelegt haben, desto bedeutender sind auch die bei der Verschmelzung entstehenden Gufferlinien. Es ist dies leicht erklärlich aus dem Umstande, daß lange Gletscher, welche weite Strecken zwischen trümmernden Felswänden zurückgelegt haben, stets weit größere Sanddecken besitzen als kurze Gletscher, welche kaum aus der Firnmasse hervorgegangen sind. Die Gufferlinie des Unteraargletschers ist an Höhe und Breite die bedeutendste, die ich kenne; sie entsteht aber auch aus zwei großen

Gletschern, dem von Lauteraar und von Finsteraar, die beide noch hinter ihrer Vereinigung mehrere Stunden weit bis zur Firnlinie reichen. Ich habe diese Guffer mit der von **Hugi** im Jahre 1827 darauf erbauten Hütte auf Taf. 14 abbilden lassen; sie hat am Vereinigungspunkte der Gletscher schon mehrere 100 Fuß Breite, und trennt, längs des ganzen ferneren Verlaufes bis zum Thalausgang, die beiden vereinigten Gletscher, den Finsteraar- und Lauteraargletscher in zwei parallele Hälften. Von der Höhe des Sidelhornes aus gesehen, erscheint sie wie ein ungeheurer schwarzer Damm, der zwei Silberströme von einander trennt.

Fast allgemein sind die Gufferlinien an dem Punkte ihrer Entstehung aus zwei Gandecken mehr oder minder gegen die Oberfläche vertieft. Diese Vertiefung, welche sich oft mit Wasser anfüllt und zu einem kleinen See wird, ist eine einfache Folge ihrer Bildung. Wie wir gesehen haben, bietet der äußere Rand aller Gandecken eine mehr oder weniger abschüssige Fläche dar, die sich gegen die Thalwände hinneigt. Die Gletscher treffen nun an ihrem Vereinigungspunkte zuerst mit dem Rande ihrer Gandecken zusammen, und die dadurch entstehende Gufferlinie muß nothwendig in ihrem ersten Entstehen im Durchschnitte die Form eines V darbieten, dessen beide Schenkel durch die Ränder der ursprünglichen Gandecken gebildet sind. Bald aber, bei innigerem Zusammenrücken der Gletscher, verschwindet diese mittlere Einsenkung, die Guffer wird der Fläche gleich und erhebt sich in ihrem weiteren Verlaufe, ist sie nur einigermaßen mächtig, selbst über derselben her-

vor, so daß manche, z. B. die Guffer des Unteraargletschers und die zwischen den Gletschern vom Gornerhorn und Monte-Rosa im großen Zermattgletscher, einen scharfen, hoch erhabenen Rücken bilden, der sich über die tiefere Eisfläche hinzieht.

Die einfache Erklärung dieser Erscheinung beruht auf den physikalischen Eigenschaften der Blöcke und ihrem Verhältniß zu den Wärmestrahlen, und man muß hier wohl zwischen den Blöcken von einem gewissen Volum nnd den kleineren Körnern und Steinen unterscheiden, da die ersteren, wie schon Saussure so schön nachgewiesen, das Eis gegen die zerstörende Eigenschaft der Sonnenstrahlen schützen, die letzteren dagegen gerade seine Schmelzung beschleunigen. So ungleichartige Wirkungen von Körpern einer und derselben Art, könnten unwahrscheinlich vorkommen, brächte man nicht die verschiedene Größe der Stücke in Anschlag; die großen Blöcke nämlich werden freilich auf ihrer ganzen Oberfläche von den Sonnenstrahlen erhitzt und zwar auf einen höheren Grad, als die Temperatur des Eises ist, allein des zu großen Volumens wegen, theilt sich diese Wärme nicht dem ganzen Blocke mit; seine Unterfläche bleibt kalt und beschützt so das Eis gegen den zerstörenden Einfluß der Sonnenwärme uud trocknen Winde. Die kleinen Steine und Sandkörner hingegen erhitzen sich ziemlich gleichförmig in ihrer ganzen Masse, die zu gering ist, um nicht von der Wärme der Oberfläche durchaus durchdrungen zu werden. So erhalten diese kleineren Fragmente bald einen hinlänglichen Wärmegrad, um das Eis in ihrer nächsten

Umgebung zu schmelzen und in den Gletscher einzusinken. Allein ich glaube nicht, daß dies Einsinken sich, wie man öfters ausgesagt, bis auf den Grund fortsetze; ich habe sie selten mehr als einige Zoll unter der Oberfläche angetroffen. Es scheint mir dies auch leicht begreiflich. So lange sie oben aufliegen, erwärmen sie sich seitlich sowohl wie von oben durch die Sonnenstrahlen; sind sie aber einmal eingesunken, so kann höchstens von oben die Sonne erwärmend auf sie einwirken, während seitlich das Eis ihrer Umgebung sie erkältet und so müssen sie endlich auf einem Punkt anlangen, wo beide entgegengesetzte Kräfte sich im Gleichgewichte erhalten und die Steine demnach nicht weiter mehr einsinken. Je kleiner mithin ein solches Stück, desto leichter wird es in den Gletscher eindringen, wenn es vereinzelt daliegt; bildet aber der Sand eine zusammenhängende Decke, so wirkt er in ähnlicher Weise, wie die großen Blöcke, und gibt dann zu der merkwürdigen Erscheinung der Schuttkegel Anlaß, die in einem der folgenden Kapitel beschrieben sind. Die größten Steine, welche ich unter der Gletscherfläche im Eis eingesenkt fand, hatten höchstens einen Kubikfuß Körperinhalt; die Moränen hingegen sind meist aus weit größeren Stücken zusammengesetzt und müssen somit wohl das Eis, auf dem sie ruhen, vor Verdunstung und Schmelzung schützen. So erheben sie sich nicht nur über das umgebende, der steten Zerstörung unterworfene Eis sondern ihre Seitenwände werden allmählich so steil, daß die Blöcke nicht mehr auf ihnen festhaften, sondern herabrollen. Die Guffer gewinnt dadurch an Breite; die von den Blöcken

früher beschützten Eisstellen weichen bald den zerstörenden atmosphärischen Einflüssen, stellen sich ins Gleichgewicht mit der übrigen Eisfläche und auf diese Weise erweitern und verflachen sich die vorher so hohen und steilen Dämme der Guffer allmählich wieder gegen das Thalende der Gletscher hin.

Aehnlich verhalten sich die Sandecken, wenn sie auf dem Gletschereise ruhen; allein da stets neue Felstrümmer von den Thalwänden auf sie herabstürzen, so bildet sich für jeden Wall, welcher einstürzt, stets ein neuer und es erhalten sich so die scharfen Rücken dieser Sandecken oft in der ganzen Länge des Gletschers.

Oft herrscht die größte Verschiedenheit zwischen den Moränen eines und desselben Gletschers; und namentlich auf den zusammengesetzten Gletschern, wo man oft sehr mächtige Guffer neben ganz unscheinbaren findet, fällt dies am ersten in die Augen. So hat der Unteraargletscher außer der großen, oben beschriebenen Gufferlinie (s. Taf. 14) mehrere kleinere Mittelmoränen, welche aber vor der ungeheuren Mächtigkeit der Hauptguffer ganz verschwinden und auch bald mit der rechten Sandecke verschmelzen. Auf dem Lauteraar und Finsteraar sahen wir in einer Höhe von etwa 8000 Fuß mehrere dieser kleinen Guffer aus dem Gletschereise auftauchen. Das Eis war an solchen Stellen an der Oberfläche unzusammenhängend und bröcklich, längs der Blöcke aber härter und gleichförmiger, als sonst. So sahen wir hier das Aufsteigen der Blöcke durch das Eis in unzähligen Beispielen an dersel-

ben Stelle. *) Die große Guffer verhält sich als Mittelmoräne bis zu dem Punkt, wo sie sich mit den beiden Sandecken zur Bildung der Blockdecke vereinigt, welche das Thalende des Gletschers bedeckt.

Die Schründe üben großen Einfluß auf Gestalt und Erscheinung der Mittel- und Seitenmoränen, indem sie stets die Blöcke in ihrer Lagerung verrücken und so ihrer Erhebung in Form eines Walles entgegen arbeiten. In stark zerklüfteten Gletschern hat man oft Mühe, in Mitten der zahlreichen Risse und Nadeln, die sich überall über stark geneigtem Thalboden finden, den Strich der Moränen zu unterscheiden, und kann man einen Punkt in der Höhe gewinnen, von welchem man einen solchen Gletscher in seinem ganzen Laufe überblickt, so erstaunt man, die Moränen an den genadelten, zerklüfteten Stellen verschwinden, die ungeheuren Blöcke, welche höher hinauf eine scharf gezeichnete Guffer bildeten, in den Spalten sich bergen und weiter unten, wenn die Schründe sich wieder schließen und die Gletscherfläche gleichförmig wird, wieder

*) In diesem Falle geschah das Aufsteigen der Blöcke durch das compakte Gletschereis; ein Beweis, daß auch dieses noch stets durch die Infiltration des Wassers von der Oberfläche her Modificationen, denen des Firnes ähnlich erleidet. In einer so festen Masse muß das Emporsteigen weit langsamer vor sich gehen als im Firn, aber die Thatsache, daß das Eis um und unter den Blöcken weit compakter ist, als das gewöhnliche, beweist, daß auch hier die Blöcke einen ähnlichen Einfluß üben, wie auf dem Firn.

als regelmäßige Guffer auftauchen zu sehen (s. Taf. 10 den Vieschgletscher). Die meisten Gletscherwanderer, beschäftigt durch die mannichfaltige Form der zierlichen Nadeln und die wundervollen Farben ihrer spiegelhellen Wände, ließen dies Wiedererscheinen der Moränen außer Acht; andere, befangen in ihren theoretischen Ansichten, behaupteten selbst, es werfe sich nie ein Schrund innerhalb der Moränen. *) Allein ein Blick auf Tafel 3, 4, 5, 8 u. 10 unseres Atlasses wird genügen, den Leser von der Unrichtigkeit dieser Behauptung zu überzeugen, und zu beweisen, daß die Schründe eben so wenig die Moränen, als die übrigen Theile der Gletscher verschonen.

Um die Geschichte der Mittelmoränen zu vervollständigen, bleibt mir noch von zwei interessanten Modificationen derselben zu reden übrig, den schiefen Moränen nebst den Fetzen, welche sich von den Hauptmoränen lostrennen und den parallelen Sandstreifen, welche gegen den Gletscherrand hin ausstrahlen.

Die schiefen Moränen finden sich nur zwischen den Gufferlinien und bilden sich dann, wenn die Gandecken zweier Gletscher von ungleicher Größe und stark divergirender Richtung sich zu einer Guffer vereinigen, welche dann, statt wie die gewöhnlichen Gufferlinien in der Bewegungsrichtung der Gletscher vorzurücken, auf den schwächsten der Gletscher hinübergeschoben wird und so eine diagonale Richtung annimmt. Ihre Schiefheit wechselt sehr bedeutend; auf dem Unteraargletscher weichen

*) Hugi, Alpenreise. S. 359.

die Zuflüsse des Finsteraar nur wenig von der allgemeinen Richtung ab, während man auf dem Zermattgletscher, am Fuße des Gornerhorn, einige sieht, welche beinahe quer sind und dadurch entstehen, daß der Gornergletscher fast unter einem rechten Winkel auf den Gletscher des Monte-Rosa auffällt (s. Tafel 1). Da indeß diese Moränen nicht die allgemeine Richtung der Gletscherbewegung haben, so zerstreuen sie sich bald und verschmelzen mit den normalen Moränen.

Wenn der Gletscher einen sehr wechselnden Fall hat und in Abgründe sich hinabstürzt, so zersplittert oft die Seitenmoräne in einzelne Fetzen, welche dann der allgemeinen Bewegungsrichtung folgend, auf den Gletscher selbst sich hinaufschieben, statt längs der Ränder sich hinzuziehen; am Zermattgletscher in der Nähe von Aufplatten (Taf. 5) konnte ich dies sehr schön beobachten; indeß zerstreuen sich diese Fetzen bald. Die Gufferlinien selbst erhalten sich selten auf der Gletschermitte bis zum Ende; dieselben Ursachen, welche die auf der Oberfläche zerstreuten Blöcke gegen die Seiten hin schieben, wirken auch zur Auflösung der Moränen und ihrer Verschmelzung mit den Gandecken mit. So bilden die vielen Guffer des Zermattgletschers in seinem unteren Theile nur noch zwei große Moränenstreifen (Taf. 5), welche sich allmählich mit den Gandecken vereinigen. Am Vieschgletscher, dessen Mittelmoräne seiner vielen Windungen in einem engen Bette wegen sehr unterbrochen ist, splittern ebenfalls stets einzelne Fetzen von der Mittelmoräne ab, welche gegen das Thalende hin schon gänzlich zerstreut sind (Taf. 10).

Endlich erzeugen die Mittelmoränen jene eigenthümliche Erscheinung der parallelen Sandstreifen, deren nirgends, meines Wissens, Erwähnung gethan wird. Man kann sie auf sehr große Strecken hin längs der Mittelmoränen verfolgen, und sie scheinen durch die combinirte Wirkung der Breiten-Ausdehnung der mit Trümmer bedeckten Eismassen und der allgemeinen Massenbewegung bedingt zu sein. Die kleinen zerstreuten Sandkörner suchen parallele Längsstreifen zu bilden, welche oft zu Rinnen und Kanäle für die kleinen Gletscherriesel werden.

Nirgends habe ich dies Phänomen auffallender entwickelt gesehen, als im Jahr 1838 auf dem Eismeer von Chamouni; auch auf dem Unteraar habe ich es beobachtet und habe mich hier in meiner Meinung bestärkt, als ich zur Seite der Hauptguffer eine kleine Gufferlinie sah (Taf. 14), welche sich von ihr auf dieselbe Weise abgetrennt zu haben schien, wie die Sandstreifen.

Die Blockdecken, deren ich im Anfange dieses Kapitels Erwähnung gethan habe, finden sich auf stark begufferten Gletschern, die sich gegen ihr Ende hin verschmälern. Die Moränen breiten sich dann über die ganze Gletscherfläche aus, und bedecken diese oft auf einer sehr weiten Strecke. Nur auf wenig zerklüfteten Gletschern mit geringem Falle kann sich diese Erscheinung finden; denn die Blöcke würden, statt eine zusammenhängende Decke zu bilden, in die offenen Schründe fallen, wenn, wie dies meistens der Fall ist, der Gletscher an seinem Thalende sehr zerrissen und zerspalten wäre. Die Blockdecken sind demnach nichts Anderes, als durch Ver-

engerung des Gletschers zusammenfließende Moränen; da aber dieser Zusammenfluß nur sehr allmählich geschieht, und die Gletschermitte, wie natürlich, zuletzt bedeckt wird, so sieht man meistens einen langen weißen Mittelstrich, der sich, spitz endend, zwischen den dunklen Flächen der Blockdecken hinzieht, und man könnte von weitem glauben, der Gletscher ende sich in einer solchen Spitze, während er sich noch oft weit unter der Blockdecke hinzieht. Die Blockdecken sind nie, wie sonst die Moränen, wallförmig über die Gletscherfläche erhaben, sondern bieten im Gegentheil eine ziemlich gleiche Fläche, oft mit leichter Einsenkung gegen die Mitte hin, dar, während auf den unbedeckten Gletschern stets die Mitte gewölbartig erhoben und die Seiten abgeflacht erscheinen.

Bis jetzt habe ich nur auf zusammengesetzten Gletschern die Blockdecken beobachtet. Ausgezeichnet schön sieht man eine solche Decke auf dem großen Zmuttgletscher im St. Nikolausthale im Wallis entwickelt. Die Oberfläche dieses aus fünf einfachen zusammengesetzten Gletschers, ist eine Viertelstunde weit durchaus verdeckt, und erst am Gletscherende unterscheidet man die einzelnen Moränen, aus welchen die Decke zusammengesetzt ist. Rechts finden sich meist Blöcke von Gabbro und granitischem Gestein, welches von Weitem eine bläuliche Farbe zeigt, während links die aus Serpentin gebildeten Trümmer mit ihrer durch Oxydation an der Luft gebildeten röthlichen Farbe sich auszeichnen. In der Gletschermitte sind beide Felsarten bunt durcheinander gemengt. Die größte Blockdecke ohne Zweifel aber hat der Unteraargletscher, und man

würde während der halben Stunde, welche man auf diesen Trümmern marschiren muß, nicht ahnen, daß sie auf Eis ruhen, träfe man nicht hie und da einen Schrund an.

Die Endmoränen, welche die Bewohner des Berner-Oberlandes so bezeichnend Gletscherschutt nennen, unterscheiden sich von den Guffern und Gandecken durch die Eigenthümlichkeit, daß sie nie auf dem Gletscher selbst ruhen; es sind gürtelfürmige Wälle, welche sich vor dem Gletscher bilden, und die er bei seinem Vorschreiten vor sich herschiebt. Meist bilden die Endmoränen nur den Schließungsbogen, wodurch sich die beiden Gandecken vor dem Gletscherende mit einander vereinigen (s. Taf. 10); doch muß dieser Zusammenhang nothwendig unterbrochen werden, wenn der Gletscher sich zurückzieht, während er beim Vorgehen wieder hergestellt wird. Ist der Gletscher im Rückzug begriffen, so bildet sich jedes Jahr eine neue Endmoräne, die so lange ihren Platz behauptet, bis das erneuerte Wachsthum des Gletschers sie wieder mit dem alten Endwalle zusammenschiebt. Gletscher, welche in stetem Rückzuge begriffen sind, werden deßhalb eine Menge concentrischer Endmoränen hinterlassen, deren Zahl und Lage den Punkten entspricht, wo der Rückzug längere Stillstände gemacht hat. Im Kapitel über die alten Moränen werden wir sehen, von welchem großen Nutzen die Erkenntniß dieser alten Endgürtel für die Bestimmung der ungeheuren Ausdehnung der Gletscher früherer Zeiten gewesen ist.

Die Endmoränen verdanken theilweise ihre Entstehung den Trümmern, welche von der Oberfläche der Gletscher

herabfallen und man sieht nicht selten an schönen Sommertagen große Blöcke von dem Thalende sich losreißen und über die Eiswände hinab zu dem Schutt an dem Fuße des Gletschers rollen. Größtentheils aber bildet sich die Endmoräne aus allen beweglichen Massen, welche er beim Vorrücken auf den Felsgrund vor sich herschiebt, so wie aus dem Trümmerschutt, welcher zwischen dem Gletscher und dem Boden, auf dem er ruht, sich befindet. Dieser Trümmerschutt besteht aus den Blöcken, welche in Spalten gefallen, auf dem Thalboden liegen geblieben, und beim Vorwärtsschreiten des Gletschers durch den gewaltigen Druck der Eismassen gegen den Felsgrund des Thales zerrieben worden sind. Oft sind die Endmoränen fast nur aus solchen zerriebenen Massen zusammengesetzt, die sich selbst zum Ackerbau eignen, und wir haben verflossenes Jahr auf dem Schutt des Gletschers vom Zermatt ein Kartoffelfeld gesehen, das nur wenige Schritte vom Gletscher entfernt war. Es war eine sehr leichte Erde, welche sich von der gewöhnlichen Pflanzenerde durch die Menge glänzender Glimmerblättchen unterschied, welche von zerriebenen Blöcken von Granit und Glimmerschiefer herrührten. Der obere Grindelwaldgletscher kann auch denjenigen beigezählt werden, welche am meisten Schutt vor sich her schieben, und man sieht deutlich, wie sehr die mehrere Zoll dicke Schicht zu dem mächtigen Gürtel beigetragen hat, der sein unteres Ende umschließt.

Zahl und Mächtigkeit dieser Endmoränen wechselt ins Unendliche; viele, stark begufferte Gletscher, wie z. B. der Unteraargletscher, zeigen nur sehr schwache, andere

ungemein bedeutende Schuttgürtel. Die schönste Endmoräne, die ich kenne, hat der Vieschgletscher; ich habe sie auf Taf. 9 abgebildet; ein hoher Ringwall, durch welchen sich der Bach einen Ausweg gebrochen hat, umschließt sein Ende, und an mehreren Orten hat er mehr als 30 Fuß Höhe bei beträchtlicher Breite.

Neuntes Kapitel.

Die Gletschertische.

Gerade die besuchtesten Gletscher, wie die von Grindelwald, Rosenlaui und die von Chamouni größtentheils entbehren dieser merkwürdigen Erscheinung, obgleich auch sie bedeutende Blöcke tragen. Die Touristen und Landschaftsmaler sind deshalb, mit wenigen Ausnahmen, einem Gegenstande fremd geblieben, der gewiß für Feder und Pinsel mehr, als viele andere Phänomene der Gletscherwelt, fruchtbaren Stoff dargeboten hätte.

Die Gletschertische finden sich meistens in der Nähe der Gufferlinien oder am inneren Rande der Gandecken, ihre Größe wechselt in den verschiedensten Verhältnissen, und ich habe welche gesehen, welche 20 Fuß Länge auf 10—12 Fuß Breite hatten, während andere kaum 2—3 Quadratfuß Fläche besaßen. Es sind meistens breite Platten oder mehr oder minder zusammengedrückte Felsblöcke, welche auf einem Eisfuße ruhend, die Gestalt eines Theetisches ziemlich gut nachahmen. Auf Taf. 14 habe ich

mehrere einzelne Tische des Unteraargletschers abbilden lassen und Lory, der bekannte schweizerische Landschaftsmaler, hat in seiner Sammlung schweizerischer Ansichten eine vortreffliche Aquarellzeichnung der Tische desselben Gletschers gegeben, wie sie im Jahre 1820 sich darstellten. Lory's Gemälde stellt mit unübertrefflicher Wahrheit den großartigen Eindruck dieser seltsamen Erscheinung dar.

Die Bildung dieser Tische beruht auf einem ähnlichen Grunde, wie die Erhöhung der Moränen über der Gletscherfläche, wovon im vorigen Kapitel die Rede gewesen. Als gute Wärmeleiter schmelzen die vereinzelten Blöcke, welche sich auf dem Gletscher finden, das Eis in der Umgebung ihrer Ränder; zugleich aber verhindern sie durch ihr Volumen den Einfluß der atmosphärischen Agentien auf die von ihnen bedeckte Fläche und erhöhen sich dadurch allmählich um eben so viel, als die umgebende Eisfläche durch Verdunstung und Abschmelzung verliert. Ist daher, je nach dem Temperaturstande dieser Verlust bedeutend, so erlangt auch der Gletschertisch eine verhältnißmäßige Höhe. Je mehr er aber sich erhebt, desto größeren Spielraum gewinnen Sonne und Wind auf die Eissäule, die ihm zum Fuße dient. Die Seiten der Säule verdunsten, sie wird schmäler und schmäler, bis sie endlich das Gewicht des Blockes nicht mehr zu tragen vermag, zusammenbricht und den Block auf die Gletscherfläche fallen läßt, wo sich dasselbe Spiel so lange wiederholt, bis der Stein die Moräne erreicht und sich dieser anschließt. Ich sah dieses Jahr (1840) auf dem Unteraargletscher einen 15 Fuß

langen, 12 Fuß breiten und 6 Fuß hohen Block von seiner Säule losgleiten und 30 Fuß weit rutschen, indem er die Oberfläche des Eises über die er dahin glitt zu Staub rieb. In den oberen Regionen der Gletscher, und insbesondere auf der Grenze des Firns, nämlich da, wo die Moränen aufzutauchen beginnen, werden die kleinsten Blöcke zu Tische, welche ungefähr ½ Fuß über die Eisfläche sich erheben. Auf dem Lauteraargletscher sahe ich deren viele, welche nur wenige Zoll lang und kaum einen Zoll dick waren.

Man hat noch keine Beobachtungen über die Zeit welche ein Gletschertisch braucht um alle genannten Phasen seiner Entwicklung zu durchlaufen; man dürfte auch schwerlich, meiner Ueberzeugung nach, zu bestimmten als Regel aufstellbaren Resultaten in dieser Beziehung gelangen, da die ganze Erscheinung nur von der so wechselnden Witterung abhängt. Wohl aber kann man diese Tische mit dem besten Erfolge zur Bestimmung der Massenabnahme, welche der Gletscher an seiner Oberfläche durch Verdunsten und Schmelzen erleidet, benutzen. Ich habe mehrere Bebbachtungsreihen zu diesem Zwecke begonnen, welche ich alljährlich zu verfolgen denke, und ich hoffe auf diese Art mathematisch darthun zu können, daß der größte Theil des Wassers, welches aus den Gletschern fließt, von der Oberfläche und nicht von der Abschmelzung der Unterfläche herstammt. So beobachtete ich dieses Jahr, nahe bei meiner Hütte auf dem Unteraargletscher, einen Tisch, dessen Säule 12 F. im Umfang hatte, und in zweimal 24 Stunden um 3 F. dünner wurde.

Bei vielen Gletschertischen ist die Säule nur auf der Südseite ausgebildet und die meisten sogar (wie z. B. der dritte Tisch zur Linken der großen Moräne Taf. 14) ruhen mit ihrem nördlichen Rande auf der Oberfläche des Gletschers selbst. Der einfache Grund hierfür ist der, daß auf der Nordseite, wo der Block selbst das Eis vor den Sonnenstrahlen schützt, die Verminderung desselben weit geringer ist, als gegen Süden, wo die Sonne mit aller Kraft ihren zerstörenden Einfluß ausübt. Dies ist auch die Ursache, warum die meisten Gletschertische auf der Südseite herunterstürzen. Das Gleichgewicht wird hier gestört und der Stein stürzt.

Selten sieht man Tische am Thalende des Gletschers; sie finden sich nur da, wo der Fall sehr gering ist; in großer Zahl meistens in der Nähe der Mittelmoränen, und besonders da wo diese etwas steil sind. Die Blöcke derselben gleiten alsdann auf der Abdachung der Moränen und werden auf dem reinen Eise zu Tische. Die meisten sah ich auf dem Unteraargletscher, da wo die große Mittelmoräne sich der rechten Seitenmoräne nähert, in einer Höhe von 6500 Fuß; auf dem Zermattgletscher, wo sie in großer Schönheit und Zahl entwickelt sind, und auf dem St. Theodulgletscher findet man sie nicht unter 7000 F. Meistens trifft man, da wo Tische sind, nur wenige Spalten an, doch schließen sich beide Erscheinungen nicht gegenseitig aus und Hugi hat offenbar Unrecht wenn er behauptet*), ein Schrund setze sich nie unter einem Tisch

*) Hugi, Naturhistorische Alpenreise. S. 359.

hindurch fort, sondern umgehe stets seinen Fuß; ich habe auf dem St. Theodulgletscher, am Fuße des Matterhorns und auf dem Unteraargletscher große Tische gesehen, deren Säule durch einen Schrund der ganzen Länge nach gespalten war.

Zehntes Kapitel.

Die Schuttkegel.

Man sieht öfters auf der Oberfläche der Gletscher kleine kegelförmige Erhebungen von Sand, vollkommen wie große Maulwurfshügel. Beim ersten Anblick kann man kaum der Versuchung widerstehen, sie mit dem Fuße oder dem Stocke umzustoßen, so leichtfertig gebaut erscheinen sie. Allein sie widerstehen dem stärksten Stoß. Man erstaunt über diese Härte, tritt näher, untersucht und überzeugt sich endlich, daß es ein außerordentlich fester Eiskegel ist, von einer Sanddecke überzogen, den wir für einen losen Sandkegel gehalten hatten. Bald, bei weiterer Untersuchung dieser Schuttkegel, wie sie genannt werden, ergibt sich auch folgende, ganz natürliche Erklärung der sonderbaren Erscheinung.

Alle Welt weiß, daß auf den Pfaden, welche man im Winter bei Glatteis mit Sand oder Heckfel bestreut, um das beschwerliche Fortkommen zu erleichtern, das Eis sich weit länger unter dieser Sanddecke erhält, als in der Umgebung, wo es nicht bedeckt ist, und daß, wenn der

Schnee daneben schon längst verschwunden, die Pfade sich über den Boden erhöht befinden, weil der Sand das unter ihm befindliche Glatteis vor Verdunsten und Schmelzen geschützt hat. Ganz auf dieselbe Weise verhält es sich auf den Gletschern: der Sand, der diese Kegel bedeckt, hatte sich vorher in Löchern gesammelt, wohin das Wasser, welches auf der Gletscherfläche rieselt, ihn geschwemmt hatte. Findet nun das im Loche sich sammelnde Wasser einen Ausweg durch eine Spalte oder sonst auf eine Art, so bleibt der Sand trocken im Loche liegen. Nun schützt er im Kleinen ganz auf dieselbe Weise, wie die großen Blöcke das unter ihm befindliche Eis vor dem Einflusse der Atmosphäre, dem Schmelzen und Verdunsten; der Grund des Loches gleicht sich mehr und mehr mit der Gletscherfläche aus und erhebt sich allmählich über dieselbe empor. Begreiflicher Weise aber ist der Mittelpunkt dieser emporgehobenen Sanddecke mehr geschützt als die Seiten, wo die atmosphärischen Agentien noch einigen Zutritt haben; er hebt sich kegelförmig hervor. Die Seiten des Kegels werden immer steiler, seine Basis nimmt immer mehr ab, je länger der zerstörende Einfluß der Atmosphäre einwirkt. Die kleinen Sandkörner haften endlich nicht mehr an den steilen Eiswänden, lösen sich los, rollen herab und bald ist nun der ganze Kegel verschwunden und der übrigen Oberfläche gleich gemacht, wenn einmal die nackten Eiswände der Luft Preis gegeben sind. Die kleinen, losgelösten Kiesel und Sandkörner, welche nun nicht mehr eine zusammenhängende Decke bilden, üben einen ganz entgegengesetzten Einfluß auf das Eis aus. Sie

erhitzen sich, als undurchsichtige Körper, an der Sonne mehr, als das helle Eis, schmelzen dies und sinken in dasselbe ein und so findet man oft eine große Menge kleiner Steine in Eislöchern da, wo man einige Tage vorher einen Schuttkegel angetroffen hatte. Man kann auf einem und demselben Gletscher alle Phasen ihrer Entwicklung verfolgen, und sie tragen so nicht wenig zu dem steten Wechsel bei, welcher der Gletscheroberfläche so viel Anziehendes, aber auch so viel Beschwerliches verleiht.

Die Schuttkegel sind eben so selten als die Gletschertische und weniger den Naturforschern bekannt. Unter den Gletschern, die ich kenne, zeichnen sich besonders der Unteraar- und der Zermattgletscher durch die Menge, womit ihre Oberfläche besäet ist, vor allen übrigen aus. Wie die Gletschertische, mit denen übrigens ihre ganze Erscheinung und Entwicklung viele Aehnlichkeit hat, finden sie sich mehr im oberen Theile der Gletscher bei geringem Falle des Bodens und ziemlich allgemein längs den Rändern der Gufferlinien, aus welchen die kleinen Bächlein den zu ihrer Entstehung nothwendigen Sand herschwemmen. Die Größe dieser Schuttkegel ist sehr verschieden. Manche haben nur 5—6 Zoll in der Länge und in der Breite, während andere 6—10 Fuß lang und eben so breit sind, bei einer Höhe von 4—5 Fuß.

So unbedeutend an sich diese Schuttkegel erscheinen mögen, so liefern sie doch, wie die Moränen und Tische einen neuen Beweis für meine Behauptung, daß die Gletscher größtentheils, wenn nicht allein, auf ihrer Oberfläche abschmelzen.

Eilftes Kapitel.

Die Gletscherbildung.

Die Bildung ist nebst der Bewegung, eine der schwierigsten Fragen, die wir zu behandeln haben. Um denjenigen meiner Leser, welche die Gletscher noch nicht selbst zu beobachten Gelegenheit hatten, das Verständniß dieser Kapitel zu erleichtern, wurden im Vorhergehenden die Gletscher ihrer äußeren Erscheinung nach beschrieben, Form, Struktur, Ausdehnung behandelt und gezeigt zu welchen Erscheinungen sie Anlaß geben und wie die Außenwelt auf sie einwirkt. So hoffe ich den Leser in den Stand gesetzt zu haben, auch ohne persönliche Kenntniß dieser Eisgebilde, die Gültigkeit der Schlüsse beurtheilen zu können, welche ich den verschiedenen beobachteten Thatsachen entnehme; denn wie auch die Theorie sie behandeln möge, die Thatsachen bleiben stets dieselben, und die allgemeinen Gesetze, welche aus ihnen abgeleitet werden, können nur dann als solche angenommen werden, wenn sie alle Thatsachen auf ungezwungene Weise vereinigen. Es verhält

sich hier wie mit jeder andern Beobachtungswissenschaft, die sich zu höheren allgemeineren Schlüssen erheben will; und wie man in der Entwicklungsgeschichte die Bildungsgesetze der einzelnen Wesen sich nicht vollständig wird aneignen können, ohne vorher die Formen der einzelnen Organe, woraus sich diese Wesen zusammensetzen, erkannt und die verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung verfolgt zu haben, so wird man auch schwerlich die Entstehung und Entwicklung der Gletscher verstehen können, wenn nicht vorher alle Erscheinungen welche sie bedingen, gekannt sind.

Schon oben wurde angeführt, daß in den Hochregionen der Ursprung der Gletscher zu suchen sei; dort, auf den Eismeeren und den Felshörnern fällt die Masse ewigen Schnees, welche die unerschöpfliche Quelle dieser Eisströme bildet. Wie er fällt, ist noch nicht hinlänglich ermittelt; Hugi, der so oft bei seinen kühnen Wanderungen im Berner Eismeere in Höhen von 10—12000 Fuß und mehr mit Sturm und Ungewitter zu kämpfen hatte, nennt das Schneien in jenen Hochregionen ein trocknes Schneestöbern, und auf dem Aargletscher habe ich in einer Höhe von 7000 Fuß das Schneien ganz in derselben Weise beobachtet. Bei den Aelplern findet man ziemlich allgemein die Ansicht verbreitet, der Schnee falle in derselben körnigen Gestalt, welche der Firn darbietet; ohne die Thatsache läugnen zu wollen, da ich nicht genug direkte Beobachtungen über den Gegenstand habe, halte ich sie doch für irrig, und glaube daß man die eigenthümliche Gestalt des Firnes, die so sehr auffällt, und

worin sich der Schnee schnell umwandelt, der ursprünglichen Form substituirt habe; und überdieß haben mich meine diesjährigen Führer, Jacob Leutholb und Hans Währen, welche schon Hugi als zuverlässige Leute kennen lernte, versichert, daß sie öfter flockigen Schnee in solchen Höhen haben fallen sehen.

Saussure *) macht auf die große Häufigkeit des Hagels und des Reifes, welcher in den Hochregionen fällt, besonders aufmerksam, und zählt unter 140 Beobachtungen, die er von 2 Stunden zu 2 Stunden wiederholte, eine von wahrem Hagel und eilf von Reif auf; wahrscheinlich versteht er unter Reif (gresil) dasselbe, was Hugi trocknes Schneestöbern nennt. Die Sonne hat auf den Hochkuppen nicht hinlängliche Kraft, diesen Schnee zu schmelzen; sie erweicht nur seine Oberfläche, zuweilen jedoch so, daß man ihn ballen kann, welche Erfahrung wir auf der Strahleck gemacht, und dann bildet sie im Nachtfrost eine dünne, aber ziemlich feste Kruste, wie Glatteis. Saussure **) hat diese Erscheinung auf dem Gipfel des Montblanc beobachtet und drückt sich darüber folgendermaßen aus: „Erhebt sich ein etwas starker Wind, so zerreißt er die Kruste, hebt sie in schuppenförmigen Stücken auf und entführt sie in die Lüfte. Der staubförmige Schnee darunter fliegt noch leichter in großen Wolken auf und aus den benachbarten Thälern sieht man eine Art Rauch oder Nebel, von dem Gipfel aus, dem

*) Voyages. Tom. IV. p. 384. § 2075.
**) Voyages. Tom. IV. p. 203. § 2013.

Windzuge folgen. Die Anwohner sagen dann: Der Montblanc raucht seine Pfeife." Dieselbe Erscheinung haben wir bei unserem Uebergange über die Strahleck an den Kämmen des Finsteraarhorns beobachtet. In solchen Höhen findet gewöhnlich kein Schmelzen, sondern nur unmittelbare Verdunstung des Schnees statt; allein da gewöhnlich die Temperatur der Luft sehr niedrig ist, so kann auch die Verdunstung nur gering sein, und der Schnee müßte sich ungeheuer anhäufen, wenn der Wind nicht den größten Theil in tiefere Regionen entführte. Ich habe mich in diesem Jahre überzeugt, daß auch sehr schwache Winde hinreichen, solche Wolken trockenen Schnees emporzuwirbeln.

Die Schmelzkraft der Sonne steht in umgekehrtem Verhältniß zur Höhe der Gebirge; doch ist die Lage der Kuppen sehr in Betracht zu ziehen; auf den Schneeflächen der nördlichen Abhänge steigt der Firn viel tiefer als solcher herab, während auf den Südabhängen er sich viel eher in Gletschereis umwandelt. Wie wir im dritten Kapitel weitläufiger ausgeführt haben, müssen die hohen Plateaux und die Eismeere besonders als die Wiege angesehen werden, wo die Bildung der Gletscher vor sich geht. Ein Theil der jährlich dort niederfallenden Schneemasse verdampft, sehr wenig nur fließt durch unterirdische Kanäle ab, der größte Theil verwandelt sich durch Schmelzen der oberen Schichten in Eis, indem das Wasser in die Tiefe hinabsinkt, und wie ein Mörtel, die einzelnen Firnkörner bei seinem Gefrieren zusammen bäckt. So wird meistens, wenn nicht der ganze, doch der größte Theil

der Schneemasse, die jährlich dort fällt, zur Gletscherbildung verwandt.

Diese Umwandlung des Schnees, diese Vereisung ist die Ursache, daß manche der hohen Alpenpässe, welche während des ganzen Jahres unzugänglich sind, in den letzten Monaten des Sommers, August und September, gangbar werden. So kann z. B. der Sankt Theodulgletscher auf dem Jacobspaß, zwischen Wallis und Piemont, sonst sehr gefährlich, in diesen Monaten selbst mit Saumrossen überstiegen werden; denn, obgleich auch dann noch oft der Schnee nicht vollständig geschmolzen ist, so ist doch der Frost der Nacht stark genug um eine hinlängliche Decke darüber zu bilden, welche Morgens, ehe die Mittagshitze sie aufgeweicht, ohne Gefahr betreten werden kann.

Der Schnee, welcher während des Winters auf das Thalende der Gletscher fällt, trägt wenig zu ihrer Vermehrung bei. Meist schmilzt er, ohne sich nur in Eis umwandeln zu können, und deshalb findet man im Frühjahr, wenn er in den niederen Alpenthälern weggeschmolzen ist, die Blöcke auf der Gletscherfläche eben so frei von Eis, als man sie im Herbst verlassen, während, wenn er zur Bildung oberflächlicher Eisschichten verwendet würde, die Blöcke sich im Eis vergraben finden müßten, wie es auch in der That in den höheren Gletscherregionen der Fall ist.

Die Höhenlinie, in welcher Schnee und Firn in Gletschereis sich verwandeln, ist, wie oben bemerkt, durchaus nicht constant und wechselt in den verschiedenen Gletschern

sowohl, wie an einem und demselben Gletscher, je nach den Jahreszeiten, ins Unendliche. Auf den nach Süden hinabsteigenden Gletschern, wo die Sonne weit kräftiger wirkt, steigt diese Linie weit höher hinauf als auf den Gletschern der Nordseite des Gebirges; war der Winter sehr schneereich, und die Witterung des Frühlings sehr wechselnd zwischen Wärme und Kälte, so hat der Schnee nicht Zeit zu schmelzen, sondern verwandelt zum Theil sich in Eis, welches mit der gesammten Gletschermasse thalabwärts rückt.

Eine Erscheinung, welche sehr zu Gunsten unserer Ansicht, daß die Gletscher hauptsächlich in den Hochregionen, in der Nähe und über der so wechselnden Firnlinie sich bilden, spricht, sind die, oft ziemlich ansehnlichen grünen Flecke, die man so häufig auf sehr bedeutenden Höhen in Mitte der Eisfelder antrifft, und welche doch nie von den Gletschern bedeckt werden, obgleich sie zuweilen selbst über der Schnee- und Firnlinie sich finden. Sie werden von den Alpenbewohnern sehr bezeichnend Gärtchen genannt. Wäre es richtig, was man behauptet, daß das Gletschereis aus dem gefallenen Winterschnee auch in tieferen Regionen sich da bildet, wo er gefallen, so muß es unbegreiflich erscheinen, warum sich nicht auf diesen Gärtchen auch Gletschereis bildete, da doch auf dieser eben so viel Schnee fällt, als auf den benachbarten Stellen und in den weit tieferen Thälern, die vom Gletscher bedeckt sind. *)

*) Man könnte geneigt sein, diesen Unterschied dem erkältenden Einfluß des darunter liegenden Gletschereises zuzu-

Warum aber, wird man fragen, bilden sich keine Gletscher tiefer als in der Firnregion, wo doch auch die oberen Schneeschichten schmelzen und in der Nacht wieder gefrieren? Alle Bedingungen zur Gletscherbildung sind ja dann erfüllt und dennoch entstehen keine Gletscher?

Ich bin weit entfernt läugnen zu wollen, daß man nicht oft an Orten Schnee und selbst Eis trifft, wo im vorigen Jahre Nichts der Art vorhanden war. Oft sogar zeigen die Führer auf einzelne, in bedeutender Höhe zerstreute Schneeflecken mit dem Bemerken: Nächst Jahr gibt's da einen Gletscher. Indessen bilden sich solche neue Gletscher nur sehr selten und auch dann nur in der Nähe der Firnregion. Saussure's Meinung, die er, auch ohne Beispiele aufzuführen, hierüber abgibt, scheint mir vollkommen richtig. Er sagt § 540 seiner **Voyages dans les Alpes**:

„Wenn gegen das Ende eines schneereichen Winters eine große Lawine an einem Orte liegen bleibt, dessen Höhe und Lage sie vor der zerstörenden Wirkung der Südwinde und der Sonnenhitze schützt, und wenn der folgende

---

schreiben, und in der That glaubte Saussure, daß sogar der Schnee, welcher auf dem unteren Theil der Gletscher fällt, sich in Eis verwandle, und er schreibt irrthümlicher Weise diesem Umstande die Bildung der Mittelmoränen zu (s. S. 100). Indeß würde das Gletschereis auf die Vergletscherung des winterlichen Schnees schon aus dem Grunde wenig Einfluß haben, weil in den Frühlingsmonaten, wo meistens dieser Schnee wegschmilzt, die Temperatur von selbst jede Nacht unter 0 fällt.

Sommer nicht sehr warm ist, so hat diese Schneemasse nicht Zeit, zu schmelzen; ihre Oberfläche, von Wasser durchtränkt, verwandelt sich in Eis, und Schnee und Eis werden da ausdauern, wo früher sie im Sommer verschwanden. Der folgende Winter bringt neuen Schnee, und die vermehrten Massen widerstehen um so besser der Wärme des nächstfolgenden Sommers. Folgen so mehrere schneereiche Winter und kalte Sommer unmittelbar aufeinander, so werden sich Gletscher an Orte bilden, wo man früher keine sah."

Ich habe kleine Gletscher dieser Art am Nordabhange des Matterhorns in einer Höhe von etwa 8000 Fuß gesehen, oberhalb welchen ein großer Firnfleck sich fand, dessen körnige Oberfläche kaum fest genug war, um uns das Hinabgleiten zu gestatten. Diese Gletscherchen, die mir nicht gar alt schienen, ruhten auf einem gleichförmigen Grund und hatten nur geringe Dicke; ihr Eis war loser als das der großen Gletscher, und der Einfluß der warmen Jahreszeit auf sie, soll, nach Aussage der Führer, weit bedeutender sein, als auf große Gletschermassen.

Meine Ansicht, daß der Hochfirn und namentlich die Eismeere die wahre Wiege der Gletscher seien, aus welchen sie herabfließen um das Uebermaß der dort sich anhäufenden Schneemassen zu Thal zu fördern, und daß nur unter dem Einflusse einer höheren Temperatur und Wechsel zwischen Kälte und Wärme ihr Eis stets zunehme an Festigkeit und Masse, kann durch die Entstehung solcher Gletscherbastarde, möchte ich sagen, durchaus nicht geschwächt werden. Ein weiterer Beweis für Richtigkeit

dieser Ansicht, ist die stete Zunahme des Gletscherkorns oder der sogenannten Gletscherkrystalle, je weiter man sie dem Thalende zu untersucht, wie dies im Kapitel von der Struktur weitläufiger erwähnt wurde.

Den schlagendsten Beweis endlich liefert die Gletscherbewegung. Würde sich der Schnee, welcher im Winter auf sie fällt, in den unteren Gegenden eben so gut in Eis verwandeln, als in den Eismeeren, so müßten ihre Thalausgänge einen weit bedeutenderen Umfang erreichen, da zu dem Eis, welches sich aus dem auf sie gefallenen Schnee bildete, noch außerdem die aus den Eismeeren sich herabsenkenden Massen hinzukämen, während gerade das Thalende der Gletscher meist nur eine geringe Mächtigkeit im Vergleich zu den höher befindlichen Massen besitzt.

Zuweilen bedingen Gletscherstürze aus höheren Regionen die Entstehung neuer Gletscher im Thale, welche man sekundäre nennen könnte. Der Schwarzwaldgletscher bietet ein auffallendes Beispiel dieser Art dar. Sein oberer Theil ruht auf dem Gipfel der Wetterhörner, und da die Wände dieser Kuppe sehr steil gegen die große Scheideck hin abfallen, so brechen stets große Eisblöcke dort los, welche im Herunterstürzen gänzlich zersplittern und zerbröckeln, und lange weiße Streifen, ganz vom Aussehen des Schnees, bilden; man könnte sie sehr leicht für erhärteten Schnee halten, fände man nicht hie und da noch unversehrte Eisblöcke, deren blauer Widerschein ihren Ursprung verräth. Alle diese Gletscherstürze sammeln sich nach diesem steilen Fall in geringer geneigten Massen an, verschmelzen von neuem in ihren Fragmenten durch Auf-

thauen und Zusammenfrieren, und werden so bald wieder zu einem zusammenhängenden Gletscher mit Seiten- und Endmoränen und Schründen, der durchaus nicht von einem gewöhnlichen Gletscher unterschieden werden kann. Jeder, welcher für die Gletscher sich interessirt, wird nicht ohne Nutzen diesen kleinen, nur eine Viertelstunde von dem Wege der großen Scheideck, zwischen Grindelwald und Meiringen, entfernt liegenden Gletscher, besuchen.

In ihren Grundzügen wurde die hier behauptete Ansicht der Gletscherbildung schon von Simler, Scheuchzer und Saussure aufgestellt und hier nur ergänzt und erweitert. Gruner hatte sich eingebildet die Hochthäler der Eismeere seien unten mit Wasser erfüllt, worauf die Eis- und Schneemassen derselben schwämmen. Dadurch nun, daß diese Eismassen den Abfluß in den Thälern, worein sie sich eindrängten, größtentheils verstopften, so daß nur wenig Wasser, als Gletscherbach, unter den Eismassen durchflösse, staue sich das Wasser der Eismeere auf, ströme über die die Thäler erfüllenden Gletscher hinüber, erstarre auf ihnen und bilde so neue Eisschichten. Es genügt, diese Meinung anzuführen, um sie widerlegt zu haben. Godeffroy stellt in einem so eben erschienenen Buche die Ansicht auf, der Firn verwandele sich einzig durch den Druck seiner oberen Schichten auf die unteren Massen in Eis. Dieser Druck begünstigt freilich, wie schon oben angeführt, die Eisbildung, reicht aber durchaus nicht an und für sich dazu hin, und trockne Schneeschichten, seien sie auch noch so sehr gehäuft, werden sich nie durch das bloße Gewicht ihrer Massen in

Eis verwandeln können, wenn nicht flüssiges Wasser sie durchtränkt. Flüssiges Wasser ist eine nothwendige Bedingung zur Eisbildung und Jeder, der in seiner Jugend Schneeballen gemacht, wird wissen, daß auch durch den stärksten Druck der Schnee noch nicht sich in Eis verwandelt.

Die Untersuchungen Leopold von Buch's über die Gränzen des ewigen Schnees im Norden *) lassen keinen Zweifel, daß die Bildungsart der Gletscher in den Polargegenden ganz dieselbe sei, wie in unsern Alpen, und Martins hat durch seine genauen Beobachtungen dasselbe für die Gletscher von Spitzbergen nachgewiesen. **) Nach Martins haben jene Gletscher die größte Aehnlichkeit mit den Firnmeeren unserer Alpen, sind flach oder selbst leicht ausgehöhlt, wie jene und nicht gewölbt, wie die Gletscher in unseren Thaltiefen; ihr Eis besteht nicht aus großen, mit einander fest verbundenen Fragmenten, und hat nicht die Derbheit des Gletschereises im Thal. Alle diese Erscheinungen werden leicht erklärlich, wenn man bedenkt, daß die mittlere Temperatur unserer Firnmeere etwa gleich ist derjenigen von Spitzbergen und daß das Gletschereis erst mit dem Hinabrücken in wärmere Thalregionen, seine eigenthümliche Gestalt und Derbheit

*) Gilberts Annalen der Physik. Bd. 41.

**) Observations sur les glaciers du Spitzberg comparés à ceux de la suisse et de la Norwège par Ch. Martins. Bibliothèque univ. de Genève. 1840. No. 55. u. Bulletin de la Soc. géologique de France. T. XI. p. 282.

erlangt. Auch Scoresby *) in seiner Beschreibung der Polargegenden erwähnt ausdrücklich, er habe Eis unter dem Schnee getroffen, welches sich durch das Einsickern des, auf der Oberfläche, durch Aufthauen entstandenen Schneewassers gebildet habe.

*) Scoresby, Account of the arctic regions. 1820.

Zwölftes Kapitel.

Die Bewegung der Gletscher.

Eine Menge von Thatsachen beweisen die stete Vorwärtsbewegung der Gletscher der Thalneige nach, und ich brauche in dieser Beziehung nur auf das, was oben über die Beweglichkeit der Gletscherfläche und den Gang der Moränen ins Besondere gesagt ist, zu verweisen. Die Moränen erreichen ihre größte Mächtigkeit am Thalende der Gletscher, und wie schon oben angeführt, beweist die größere Anhäufung von Blöcken an den Stellen, wo die Thalwände am wenigsten trümmern, nämlich in den tieferen Thalregionen, daß der Ursprung der Moränen weiter oben gesucht und ein Vorrücken derselben thalabwärts angenommen werden muß. Auch durch die unmittelbare Beobachtung kann diese Bewegung erwiesen werden, denn auffallend gestaltete Blöcke, deren genaue Lage man bestimmt, findet man einige Jahre später mehr oder minder weit von ihrer früheren Stelle thalabwärts, und Felsstücke, die man heute oberhalb des Gletscherthores auf der

Eismasse liegen sieht, findet man nächstes Jahr im Bette des Gletscherbaches. Auch die Felsart der Blöcke, woraus die Moränen am Thalende der Gletscher zusammengesetzt sind, beweist dieses Vorrücken; sehr oft ist ihr Gestein ein ganz verschiedenes von dem an der Thalwand anstehenden, daher können sie unmöglich von dieser sich losgerissen haben, sondern müssen anders woher stammen. Verfolgt man aber die Moräne bergauf, so findet man stets, in einer höheren Region, das Gestein anstehend, woraus die Blöcke gebildet und wo sie losgerissen sind. Fast alle Gletscher könnte man als Beweise dieser Thatsachen aufführen; ich will nur einige erwähnen. Die Thalwände zwischen welchen der Rosenlauigletscher ausläuft, bestehen aus schwarzem Kalkstein, während seine Gandecken aus Granitblöcken gebildet sind, die von den benachbarten Kämmen des Wetterhorns stammen; die linke Gandecke des großen Zmuttgletschers im St. Nikolausthale in Wallis ist ein schöner Gabbro, die Thalwand des ganzen unteren Theils dagegen ein harter Serpentin; die granitische Gandecke des Zermattgletschers streicht längs den Serpentinwänden des Riffelhorns hinab; der Glacier des Bois endet mit granitischen Moränen in einem Thalbette aus Alpenkalk. *)

*) Godeffroy hat neuerdings (Notice sur les Glaciers, les Moraines et les Blocs erratiques des Alpes. p. 78. Godeffroy. Paris. Cherbuliez 1840.) behauptet, die Moränen entstünden aus einem tertiären Trümmergestein, welches wie eine Decke, den Boden aller Alpenthäler bedecke und welches der Gletscher, indem er mit seinem Kiele wie ein

Wollte man indeß auch alle diese Beobachtungen in Zweifel ziehen, so sind doch folgende, am Unteraargletscher angestellte, so unzweifelhaft, daß mir eine Einwendung dagegen unmöglich scheint. Ich wollte den Vereinigungspunkt des Finsteraar- und Lauteraargletschers besuchen, wo Hugi sich im Jahre 1827 eine Hütte zum Nachtlager erbaut hatte. Wir hatten beinahe 4 Stunden auf der großen Gufferlinie zurückgelegt, als wir plötzlich eine sehr solid erbaute Hütte erblickten. Wir konnten nicht glauben, daß es die Hugische sei, da diese, wie wir wußten, am Fuße des Felsens, welcher die beiden

---

Pflug hineinwühle, zu seinen Seiten und vor sich aufdämme; ja zuweilen (vielleicht bei muthwilligen Sprüngen) sich selber auf den beeisten Rücken werfe. Man begreift nach dieser Theorie nicht, warum die Gletscher noch jetzt Moränen haben, und wie es kommt, daß sie auf den polirten Felsflächen, worauf sie ruhen, noch immer Reste der Godeffroyschen Trümmerdecke aufstöbern. Außerdem kann ich nicht einsehen, wie die oben angeführten Thatsachen mit Herrn Godeffroy's Moränentheorie sich vertragen und wie sie mit seinem tertiären Trümmerterrain, dessen Kennzeichen und Ursprung er zu dem gar nicht angibt und das überhaupt nur gerade zur Bildung der Moränen erschaffen scheint, sich vereinigen lassen werden. Und doch ist es diese Moränentheorie, welche Herr Godeffroy den Muttergedanken seines Buches nennt, von dem seine übrigen neuen Ideen über die anderen Gletscherphänomene (deren indeß nur höchst wenige sind) entsprungen, den Rocken, von welchem der Faden seiner Ansichten sich abgesponnen habe (S. 87)!

Gletscher trennt, errichtet worden war, und wir noch eine bedeutende Strecke bis zu dem Felsen, der Im Abschwung heißt, vor uns hatten. Zudem war die Hütte zu gut erhalten, als daß wir glauben konnten, sie hätte 12 Jahr lang den Stürmen und Ungewittern, die so oft diese Regionen durchwüthen, in diesem Zustande widerstehen können; auch schien das Heu und Stroh, welches den Boden bedeckte, frisch dahin gebracht. Und doch war es die Hugische Hütte! Wir fanden unter einem kleinen Steinhaufen, welcher eine, auf einem ungeheuren Blocke zur Seite aufgepflanzte lange Stange aufrecht erhielt, eine zerbrochene Flasche, worin Papiere verborgen waren. Diese Schriften lehrten uns, es sei dies die Hütte, welche Hugi im Jahre 1827 am Fuße des Im Abschwung errichtet habe. Von Hugi's eigener Hand war zugefügt, er habe die Hütte im Jahre 1830 wieder besucht und sie einige 100 Schritte von ihrer ersten Stelle entfernt gefunden; bei einem dritten Besuche im Jahre 1836 sei sie 2200 F. vom Felsen entfernt gewesen. Ein drittes Blatt sagte uns, mehrere Naturforscher von Bern und Basel hätten vor einigen Wochen die Hütte ausgebessert und da übernachtet, um früh Morgens den Uebergang über das Eismeer nach Grindelwald zu versuchen, das schlechte Wetter habe sie aber an der Ausführung ihres Vorsatzes verhindert. *) Wir maßen mit Hülfe

*) Daneben fanden wir einige Visitenkarten mehrerer unserer Neuenburger Freunde, welche kurz vor unserer Ankunft der Hütte einen Besuch abgestattet hatten.

eines langen Strickes den Abstand vom Felsen und fanden ihn 4400 Fuß, folglich hatte der Gletscher in den 3 Jahren von 1836 bis 1839, wo wir ihn besuchten, eben so viel Weges zurückgelegt als in den 9 vorhergehenden von 1827—1836. Die jährliche Beobachtung des Vorrückens dieser Hütte wäre von höchster Wichtigkeit, und ich möchte alle Naturfreunde, welche die Grimsel besuchen und sich für solche Bestimmungen interessiren, ersuchen, ihrer Seits die Gelegenheit zu solchen Beobachtungen nicht zu versäumen. Der Weg ist so wenig beschwerlich, daß man zur Noth bis zur Hütte reiten kann; der große Granitblock, auf welchem man die Signalstange aufgerichtet, ist nur einige Schritte entfernt, so daß sie sehr leicht aufzufinden ist. Ich habe im Fremdenbuche der Grimsel meine Beobachtungen und Messungen verzeichnet, um die Vervollständigung derselben durch andere wissenschaftliche Reisende zu erleichtern. *)

Vielleicht wird es noch gelingen, den Weg zu bestimmen, welchen die Moränen in einer gegebenen Zeit zurücklegen. Um aber allgemein gültige Gesetze hierüber aufstellen zu können, müßte man lange Jahre hindurch

*) Dieses Jahr (1840) fand ich die Hütte sehr beschädigt; sie war seit dem Sommer 1839 um 200 Fuß weiter vorgerückt. Sollte sie ganz verschwinden, so wird man sich immer nach dem großen Granitblock orientiren können. Ich selbst baute mir etwas höher eine andere Hütte, unter einem großen Glimmerschieferblock; sie war im August dieses Jahres 797 Metres vom Abschwung entfernt.

an vielen Gletschern Beobachtungen anstellen, bei welchen sowohl den mannichfaltigen Variationen der Atmosphäre, als der Lage, Gestalt und Neigung der Gletscher selbst, Rechnung getragen werden müßte. Solche ausgedehnte Untersuchungen übersteigen aber die Kräfte des Einzelnen; nur Akademien und gelehrte Gesellschaften könnten sie, nach Errichtung zweckmäßiger Observatorien, versuchen.

Wäre demnach das Vorrücken der Gletscher außer allen Zweifel gestellt, so ist es noch lange nicht die Art und Weise, wie diese Bewegung vor sich geht. Man nahm bisher fast allgemein an, die Gletscher glitten durch ihre eigene Schwere thalab, und die Anhäufung der Gewässer in ihrem Thalbette begünstige noch dies Gleiten. Es erschien diese Annahme um so natürlicher, als jedes Gletscherbett mehr oder minder geneigt ist. Saussure hatte dies Gleiten behauptet, und seine Meinung hat schon deßhalb viele Vertheidiger, die nie die Alpen gesehen hatten, gefunden, weil man einmal gewöhnt war, alle Erklärungen und Hypothesen, die der große Naturforscher über die Alpen aufgestellt, auf Treu und Glauben anzunehmen. Die Thatsachen, welche Saussure zur Unterstützung seiner Ansicht aufführt, haben gar keine Beweiskraft für dieselbe, so überzeugend sie auch scheinen mögen. Die so oft von seinen Nachfolgern wiederholte Beobachtung des Granitblockes, welcher sich voran bewegte *),

*) Saussure, Voyage dans les Alpes. Bd. 1. § 538. S. 384. „Ich ging im Juli 1761, mit Peter Simon, meinem

beweist nur ein Vorrücken des Gletschers, aber durchaus nichts für die Art und Weise, wie dies Vorrücken geschieht.

Die zweite Thatsache, welche Saussure anführt, das Vorrücken der Moränen nämlich und des Gletscherschuttes, läßt sich eben so wohl, wie die vorhergehende, aus der Ausdehnung des Eises und einer dadurch bedingten Bewegung, als aus einem Vorwärtsgleiten erklären, und Saussure hat demnach nur das Faktum des Vorwärtsrückens, nicht die Art und Weise desselben, durch unwiderlegliche Thatsachen bewiesen. *) Gruners Ansicht,

Führer, am Rande eines sehr hohen Gletscher im Westen des Glacier des Pélerins, als ich einen Granitblock von beinahe kubischer Gestalt und etwa 40 F. Durchmesser sah, welcher auf den Trümmern am Fuße des Gletschers ruhte und vom Gletscher selbst dort abgesetzt worden war; eilen wir uns, sagte Peter, das Eis, welches bis an den Stein reicht, könnte ihn verschieben und zum Fall bringen. Kaum waren wir vorüber, so fing der Block an zu wanken; anfangs glitt er langsam über die Trümmer auf denen er ruhte, fiel dann vorwärts, fing an zu rollen und da der Abhang sehr steil war, Sätze zu machen, die bald ungeheuer wurden; wo er aufschlug, sprangen Trümmer von ihm und dem Felsgrund hoch empor, welche hinter ihm drein rollten und einen wahren Strom von Felstrümmern bildeten, der mit rasender Gewalt und furchtbarem Getöse in die Baumwipfel eines Waldes einschlug, welcher ihn aufhielt, nachdem er in wenig Minuten mehr als eine halbe Wegstunde zurückgelegt hatte."

*) Man wird mir nicht zumuthen, die Theorien und Ansich-

welche große Wassermassen den Gletscher unterwühlen und so ihre Massen fortreißen läßt, verdient keine Widerlegung, und man begreift kaum, wie sie so lange Zeit über die so richtige und einfache Erklärung Scheuchzers die Oberhand hat behalten können, welche später in Toussaint von Charpentier einen so beredten Vertheidiger fand. Es gereicht dieser Ansicht zu auffallender Unterstützung, daß Charpentier, ohne zu wissen, daß sie schon ein Jahrhundert vor ihm erläutert worden war, sie von neuem und so übereinstimmend mit ihrem ersten Begründer aufgriff. Wäre Gruners Meinung richtig, so müßten die Gletschermassen schon längst als Treibeis, den Eisinseln des Nordmeeres ähnlich, die Meere erreicht und das Nord-, Mittel-, adriatische und schwarze Meer mit schwimmenden Eisbergen erfüllt haben, denn Jeder, der beobachtet hat mit welchem Ungestüm das Treibeis unserer großen Flüsse beim Eisgang vorwärts treibt, wird einsehen, daß das auf weit geneigterer Fläche als unsere Flußbette schwimmende Gletschereis allmählich eine unberechenbare Geschwindigkeit annehmen müßte.

Man wird vielleicht als Beweis für das Gleiten der Gletscher die theilweisen Einstürze einiger derselben anführen, welche für die Thäler in welche sie sich hinabstürz-

---

ten einiger leichtgläubigen Schriftsteller weitläufig zu widerlegen, welche, auf die wunderbaren Erzählungen der Führer gestützt, die Gletscher Sprünge von 20—30 Fuß Länge machen lassen. Die Verschmitztheit der Führer geht selbst zuweilen bis zur Erfindung wahrer Mythen.

ten, so unheilbringende Folgen hatten. Um zum Voraus diesen Einwurf zu entkräftigen, glaube ich in die Einzelheiten dieser Unglücksgeschichten etwas näher eingehen zu müssen.

Meist werden diese Gletscherstürze von einzelnen Eisblöcken oder Nadeln gebildet, welche durch Spalten von den übrigen Gletschermassen getrennt, sich losreißen und deren Gewicht, auf dem geneigten Boden, den Widerstand überwältigt, welchen ihr Zusammengefrorensein mit dem Boden dem Falle entgegen setzt.

Als sogenannte Eislawinen wiederholen sie sich fast an allen Gletschern*); allein man beachtet sie nur, wenn sie Verwüstungen erregen, was besonders dann geschieht, wenn der steile Abhang eines Gletschers hoch über das Thal, worin er endet, sich erhebt. Die Ueberschwemmung des Bagne-Thals im Wallis durch den Getrozgletscher steht noch jetzt in frischem Andenken. Dieser Gletscher endet an einer 500 Fuß hohen steilen Wand des Mont-Pleureur, und die hier stets sich losreißenden Eismassen, bilden bei ihrem Sturz eine Art Wall, der mehr oder minder den Abfluß der Dranse stopft, deren Bett den Damm mitten durchschneidet. Im Jahre 1815 sammelten sich diese Eismassen so an, daß sie allmählich,

*) Während des Sommers sieht man fast täglich solche Eislawinen an dem Eismeer von Chamouni, der Jungfrau und dem unteren Grindelwaldgletscher; an den Wetterhörnern bilden sie sogar, unten angelangt, einen neuen Gletscher, den Schwarzwaldgletscher (s. Kap. 11. S. 132.)

während der Jahre 1817 und 1818, einen Damm von 500 Fuß Höhe auf 800 Fuß Breite bildeten, der den Ausfluß vollkommen verhinderte. Das Gewässer sammelte sich dahinter zu einem großen See an, der plötzlich am 16. Juni 1818 den Damm durchbrach und, ein furchtbarer Strom, Schrecken und Verwüstung bis nach Martigny hinab brachte. Schon im Jahre 1595 hatte dasselbe Ereigniß diese Thäler verheert, und noch heute würden sich diese Gletscherstürze wiederholen, hätte nicht Venetz den glücklichen Gedanken gehabt, durch Wasserströme, die er auf den Gletscher leiten läßt, diesen gleichsam queer zu durchsägen, und so seine Ausdehnung zu beschränken. *)

Aehnliche, von solchen Eislawinen gebildete Dämme finden sich auch in Tyrol, und Hoffmann **) führt mehrere große Seen auf, wie z. B. den Rofner- und Gurglersee, die fast 4000 Fuß Länge haben, und durch solche Eismassen eingedämmt, bis jetzt stets ohne Schaden allmählich abgeflossen sind. Der Passeyer-See auf der Südseite der Tyroler Alpen, gegen die Etsch hin, ist ein solcher Eissee; er entstand im Jahre 1404 und hatte bis zum Jahre 1773 sechsmal seinen Damm durchbrochen und jedesmal das Thal auf das Schauderhafteste verwüstet.

Zuweilen auch reißt das ganze Ende eines Gletschers sich los und stürzt in das Thal hinab. Mehrere Fälle

*) Naturwissensch. Anzeiger von Meissner. 1823. No. 11.
**) Physikalische Geographie. S. 290.

dieser Art haben sich in den Alpen ereignet und stets schreckliche Verheerungen angerichtet, besonders dann, wenn der Gletscher in bedeutender Höhe auf senkrechten Thalwänden sich endigt; denn es ist oft unmöglich, ihnen zuvorzukommen, und wie heftig die Stürze solcher Gletscher sind, kann man daraus entnehmen, daß durch den Luftdruck allein manchmal ganze Ortschaften nieder geworfen wurden. Der Randagletscher im St. Nikolausthale ist zu wiederholten Malen zusammengestürzt, und die alten Walliser Chroniken erzählen viel von seinen furchtbaren Zerstörungen Ueber den Sturz im Jahre 1819 am 27. December, sagt der amtliche Bericht des Ober-Ingenieurs Venetz an den Regierungsrath des Kanton Wallis Folgendes: *)

„Das Dorf Randa befindet sich 6 Stunden oberhalb Vispach, im rechten oder südlichen Arme des Vispacherthales, welches unter dem Namen des St. Nikolausthales bekannt ist. Das Dorf liegt ungefähr 2400 Fuß weit vom rechten Ufer der Visp, auf einem ziemlich abhängigen Schutthügel, dessen steiniger Grund durch die Betriebsamkeit der Einwohner Randa's ganz in Wiesen umgeschaffen ist. Diesem gegenüber liegt ein anderer Schutthügel, über welchen die mit dem Randagletscher überdeckten Felsen stehen, deren höchste Spitze, das Weißhorn genannt, sich ungefähr 9000 Fuß über Randa erhebt. Die Breite des Thales in der Höhe des Dorfes

*) Naturwissensch. Anzeiger von Meissner 1820. No. 8.

(etwa 250 Fuß über dem Flusse) beträgt ungefähr eine halbe Stunde.

Am 27. December, früh Morgens gegen 6 Uhr, brach an einer gegen Ost gekehrten, sehr steilen Seite der obersten Spitze des Weißhorns, ein Theil des daraufliegenden Gletschers ab, stürzte mit donnerndem Getöse auf die tieferliegenden Gletschermassen herunter, und kündigte mit dem fürchterlichsten Krachen Verwüstung im Thale an. In dem Augenblicke des Aufschlagens des Schnees und Eises auf die untern Gletschermassen, bemerkten der Herr Pfarrer des Orts, der Sigrist und einige andere Personen eine große Helligkeit *) die jedoch sogleich verschwand, indem alles wieder in finstere Nacht zurückkehrte. Ein entsetzlicher, durch den Druck der Luft bewirkter Windstoß erfolgte unmittelbar und richtete augenblicklich die grauenvollste Verheerung an.

Der Fall des Gletschers an sich selbst hat das Dorf nicht berührt, aber der dadurch entstandene Windstoß war so mächtig, daß er Mühlsteine mehrere Klafter weit bergauf geworfen, in großen Entfernungen die stärksten Lerchtannen aus den Wurzeln gerissen, Eisblöcke von 4 Kubikfuß bis über das Dorf, folglich eine halbe Stunde

*) Es wäre sehr zu wünschen, daß uns diese, so viel wir wissen, bei ähnlichen Fällen noch nicht beobachtete Erscheinung, die bei der nächtlichen Finsterniß viel zu auffallend war, als daß eine Täuschung dabei statt gehabt haben könnte, auf eine genügende Art erklärt würde.

— Venetz.

weit geschleudert, die Spitze des steinernen Glockenthurmes abgeworfen, Häuser bis an die Keller abgerissen und das Holz vieler Gebäude über eine Viertelstunde weit über das Dorf hinauf in den Wald geführt hat. Acht Ziegen wurden aus einem Stalle mehrere 100 Klafter weit geschleudert, und eine davon, seltsam genug, lebendig wieder gefunden. Mehr als eine Viertelstunde oberhalb des Thales sieht man die dem Gletscher gegenüberstehenden Scheunen abgedeckt.

Ueberhaupt sind 9 Häuser des Dorfes gänzlich zerstört und die 13 übrigen alle mehr oder weniger beschädigt; 18 Speicher, 8 Stöcke, 2 Mahlhaufen, 72 Scheunen ganz umgeworfen oder so zerstört, daß man sie für unbrauchbar ansehen muß. Folglich sind Ernte und Lebensmittel für Volk und Vieh fast gänzlich verloren. Von 12 verschütteten Personen sind 10 lebend, die eilfte todt hervorgezogen worden, die zwölfte hat man nicht wieder gefunden.

Der Gletscherschutt aus Schnee, Eis *) und Steinen bestehend, bedeckt die unterhalb dem Dorf gelegenen Ländereien und Wiesen auf einer mittleren Länge von wenigstens 2400 Fuß und 1000 Fuß mittlerer Breite. Die abgefallene Masse hat im Durchschnitt wenigstens 150 F. Höhe,

*) Hr. Venetz bemerkte an den herabgestürzten Blöcken, daß sie größtentheils aus einem Gemisch von Eiskörnern und altem Schnee bestunden. Es scheint also, der Gletscher habe in einer solchen Höhe angestanden, wo der Schnee nur selten mehr zu schmelzen anfängt.

der ganze Schutthaufen enthält demnach 360,000,000 Kubikfuß. Nach einem flüchtigen Ueberschlage kann der Schaden ungefähr 20,000 Franken betragen.

Ein bei diesem Ereignisse höchst sonderbarer Umstand ist der, daß einige Scheunen, die auf der andern Seite unter dem Gletscher standen und vom Schutte beinahe bedeckt wurden, unbeschädigt geblieben und folglich dem Windstoße gar nicht ausgesetzt gewesen sind. Aber noch unbegreiflicher ist es, daß nicht mehr als zwei Personen das Leben eingebüßt haben, da doch einige Familien samt den Häusern fortgetragen und in deren Schutt und im Schneegestäube begraben wurden. Die schnelle Hülfe des Pfarrers, der unbeschädigt in seinem Hause blieb, und der beiden Sigristen, die im Glockenthurm der Gefahr entgingen, trug viel zu ihrer Rettung bei.

Es ist nicht das erste Mal, daß dem Dorfe Randa ein solches Unglück widerfahren ist. Im Jahre 1636 wurde es von einem ähnlichen Gletschersturze überschüttet, wobei 36 Personen umkamen. Man sagt, daß damals der ganze Gletscher des Weißhorns heruntergestürzt sei. Zwei andere Stürze, im Jahre 1736 und 1786, waren kleiner und brachen nicht an der gleichen Stelle los.

Dießmal ist nur ein kleiner Theil des Gletschers herabgefallen, und es ist unbegreiflich, wie sich der übrige, seiner Unterstützung beraubte Gletscher noch anstehend erhalten kann. Mit Hülfe eines Fernrohres bemerkt man in demselben sehr große Spalten, die schon vor dem Einsturz von einigen Gemsjägern mit Schrecken wahrgenommen wurden, und der herabgestürzte Theil des Gletschers

war, wie man versichert, von der anstehenden Masse durch eine ähnliche Spalte getrennt. Es ist demnach sehr zu befürchten, daß der Gletscher sich nicht lange mehr an diesem sehr steilen Berggipfel erhalten könne, und daß bei einem neuen Sturz der Rest von Randa vollends vernichtet werden dürfte. Das Abstürzen des Gletschers zu verhindern, geht über die menschlichen Kräfte."

Untersucht man nun etwas genauer die Umstände unter welchen solche Gletscherstürze sich einstellen, so muß man sich überzeugen, daß sie gerade eher als Beweise gegen die Theorie des Gleitens, als für dieselbe benutzt werden können. In der That ist die Bodenneigung aller Gletscher, welche stürzen, sehr stark an ihrem Thalende, und erreicht oft 30—40°; der Randagletscher schien mir etwas mehr als 30° Fall zu haben. Wie sollten denn die Eismassen auf einer solch schiefen Fläche sich halten, wenn sie nicht dem Boden fest anhingen? Vielleicht weil sie mit den hinteren Eismassen zusammenhängen und nur dann fallen, wenn ein Zufall sie losreißt? Das Eis gleitet auf weit weniger geneigten Flächen und da, wo der Thalabhang sehr steil ist, sind die Gletscher stets so zerklüftet, daß der Zusammenhang mit den hinteren Massen dem Sturz nur sehr schwachen oder gar keinen Widerstand entgegen setzen kann. Zudem sah Venetz unmittelbar nach dem Sturze des Randagletschers ungeheure Spalten, wodurch große Eismassen von dem übrigen Gletscher getrennt waren, und befürchtete deshalb eine baldige Wiederholung des Sturzes. Bis heute hat diese nicht statt gefunden; es müssen deshalb diese abgetrennten Massen

auf dem steilen Boden durch eine andere Gewalt als den Zusammenhang mit hinten, der aufgehoben ist, festgehalten werden; sie sind mit ihm zusammengefroren. Diese Art des Zusammenhanges mit dem Boden schließt aber jedes Gleiten aus und ein Gletscher stürzt nur dann, wenn das Gewicht seiner überhängenden Massen den Widerstand des Zusammenhanges überwiegt.

Wie soll aber der Gletscher vorrücken, wenn er mit dem Boden zusammenhängt? Gerade durch die Ausdehnung seines Eises und zwar folgendermaßen. Im dritten Kapitel, bei der Struktur der Gletscher, haben wir die eigenthümliche Bildung des Gletschereises betrachtet und auseinandergesetzt, wie es in den hohen Regionen eine, gleichsam schwammig körnige Masse bildet, durchtränkt von Regen und Schneewasser, welches ohne Unterlaß in seine zahlreichen Zwischenräume einsickert. Je mehr nach unten, desto fester und compakter, bis zu dem härtesten Eis, wird diese schwammige Masse, behält aber stets die aus ihrer Bildung herrührende Eigenthümlichkeit bei, durch erhöhte Wärme in einer Menge einzelner eckiger Fragmente zu zerfallen, in deren Zwischenräumen das Wasser einsickert, wie in den Hochfirn. Selbst in Tiefen, wo das Gletschereis nicht vollkommen zerfällt, erscheint es noch stets von Haarspalten durchwebt, welche nach allen Richtungen sich durchkreuzend, die Fugen dieser Fragmente sichtlich machen. *) So sickert, je nachdem das Eis mehr

*) Durch einen glücklichen Zufall fand F. de Pourtales, einer meiner diesjährigen Begleiter, daß durch starkes

oder minder zerfällt, das Wasser in verschiedene Tiefen hinab, und gefriert in diesen Zwischenräumen bei der geringsten Erkältung, da es stets dem Frostpunkte in seiner Temperatur sehr nahe steht. Durch das Gefrieren dehnt sich dies Wasser aus, und so auch, da es alle Fugen durchdringt, den Gletscher.

Man hat darauf erwiedert, das Wasser dehne sich freilich bei seinem Gefrieren aus; diese Ausdehnung könne aber nicht dahin eine Wirkung äußern, wo ein so ungeheurer Widerstand wie der Druck der gesammten Gletschermasse, ihr entgegen wirke, sondern müsse sich nach oben hin fortpflanzen, da von der Oberfläche aus der Luftdruck, gegen den Druck der Eismassen, in gar keinen Betracht komme. Wasser übe nur in fest verschlossenen Gefäßen einen ungeheuren Druck auf deren Wände aus, seien aber die Gefäße oben offen, so dehne sich das Eis nur nach der Richtung des geringsten Widerstandes aus, und der Seitendruck sei nur gering. Eben so müsse es sich im Gletscher verhalten. A priori ist der Einwurf vortrefflich, und die im Kap. 15 beschriebenen Gletscherblumen beweisen auch, daß allerdings in den ganz oberflächlichen Spalten eine solche Vertheilung des durch Ausdehnung

---

Blasen gegen das Eis alle die Masse durchwebenden Spalten sichtbar werden; es entsteht dann ein Stern mit, nach allen Seiten auslaufenden Strahlen; wir haben uns auf diese Weise überzeugt, daß selbst das scheinbar dichteste Gletschereis nach allen Richtungen von solchen Haarspalten durchwebt sei.

bewirkten Druckes eintritt, und das Wasser im Momente des Gefrierens über das Niveau der Eisfläche hervorquellend, jene, dort beschriebenen, seltsamen, blumenartigen Eisformen erzeugt. Allein deshalb verhält sich die Natur doch nicht so, wie die Theorie es vermuthen lassen möchte. Die Haarspalten bilden ein so verwirrtes Netz von nach allen Richtungen hin verwebten Fugen, daß eine Vertheilung der Ausdehnung nach der Oberfläche hin eben so unmöglich darin wird, als in einem Netz von Röhren oder Schläuchen, mit Wasser gefüllt, welche zu gleicher Zeit der Kälte ausgesetzt werden. Dann aber sind Eis wie Wasser schlechte Wärmeleiter und da die Temperaturveränderungen der Luft zuerst die Oberfläche betreffen, so geschieht es daß durch die Kälte der Nacht die Oberfläche des Gletschers schon gefroren sein kann, während der Frost sich noch nicht nach unten mitgetheilt hat. So bildet denn die Oberfläche eine eben so feste Masse und stellt der Ausdehnung einen gleichen Widerstand entgegen, wie die übrigen Theile des Gletschers.

Der Frost dehnt demnach die Gletschermasse aus, allein nicht gleichmäßig, sondern verschieden im Verhältniß der Wassermengen, welche in die Eisschichten einsickern und darin erstarren. Die unteren Schichten, hart und compakt, wie sie sind, können nur sehr wenig Wasser in ihre sehr feinen Haarspalten aufnehmen, und dehnen sich deshalb weit weniger aus als die schwammigen, oberflächlichen Schichten, welche den Veränderungen der äußeren Temperatur in weit höherem Grade ausgesetzt, sich leichter in ihren Fugen lösen, und eine verhältnißmäßig

weit größere Masse Wassers einsaugen. Je oberflächlicher deshalb eine Eisschicht im Gletscher liegt, desto mehr wird sie sich ausdehnen, oder mit andern Worten, desto schneller wird sie sich vorwärts bewegen; denn da der Gletscher, an beiden Seiten von den Thalwänden eingeschlossen, von oben her den Druck der gewaltigen oberen Eismassen erleidet, und der Thalabhang die einzige Seite ist nach welcher sich kein Gegendruck findet, so muß die ganze Wirkung der Ausdehnung nach dieser Seite hin sich übertragen, um so mehr, da die Gravitation diese Neigung noch unterstützt. Zudem aber bewegen sich die oberen Schichten nicht nur schneller als die unteren, durch die bloße Wirkung der in ihnen gefrierenden größeren Wassermenge, sondern ihre Bewegung wird durch Combination noch mehr beschleunigt, da zu ihrer eigenen Schnelligkeit noch die der unteren Schichten sich hinzugefügt. Nehmen wir an z. B. der Gletscher bestehe aus drei Schichten a, b und c, und die durch das Gefrieren des infiltrirten Wassers bedingte Bewegungsschnelligkeit, sei bei der Unterschicht $a=1$, bei der Mittelschicht $b=2$ und bei der Oberschicht $c=3$; so wird die wahre Geschwindigkeit der Mittelschicht $2+1=3$, und die der Oberschicht $3+2+1=6$ betragen, da die Eigengeschwindigkeit einer jeden oberen Schicht, zu der wahren Geschwindigkeit der unteren Schichten addirt, erst den wahren Ausdruck der Schnelligkeit ihrer Vorwärtsbewegung abgibt.

Einen unwiderleglichen Beweis für diese größere Geschwindigkeit der oberen Eisschichten liefern uns die Was-

serfälle, welche durch Löcher in das Innere des Gletschers stürzen; die obere Oeffnung mit den oberflächlichen Gletscherschichten rückt allmählich über die darunter liegenden Eisschichten vor, welche ihrerseits auch über die noch tiefer liegenden vortreten, so daß das Loch, in welches der Wasserfall sich stürzt, am Ende das Aussehen einer umgekehrten Treppe erlangt, und die Stelle, wo der Bach an der Thalsohle unter dem Gletscher anlangt, weiter bergaufwärts liegt als die Oeffnung durch welche er sich in das Eis stürzt. Hugi hat Taf. 3 seiner Alpenreise die durchschnittliche Zeichnung eines solchen Wasserfalles auf dem oberen Grindelwaldgletscher gegeben.

Bei den Moränen sowohl als bei den Spalten habe ich schon angeführt, daß der Gletscherrand schneller vorwärtsrücke als die Mitte, wofür sowohl das allmähliche Verschmelzen der Guffer mit den Gandecken, als die bogenförmige Gestalt der Schründe spricht, deren convexe Seite nach oben gekehrt ist, während die Schenkel des Bogens seitlich nach unten hinablaufen. Auch dies Verhältniß erklärt sich leicht. Bedenkt man, daß die Wärme es ist, welche des Eises Fugen löst und für das Wasser eindringlich macht, daß die Gletscherränder, den Thalwänden angeschmiegt, durch deren Reflexion der Wärmestrahlen stärker geschmolzen und gelöst werden, als des Gletschers Mitte; daß deshalb die Ränder sich abrunden und nun das meiste Wasser von der erhöhten Mitte her, in das aufgelockerte Eis des Randes einsickert, die loseren Fugen erfüllt und in ihnen bei der Wiederkehr des Frostes erstarrt, so muß man sich von der ungleich schnelle-

ren Vorwärtsbewegung der Seiten, im Verhältniß zur Mitte, überzeugen. Alle diese Erscheinungen wären förmliche Räthsel für die Annahme eines Gleitens; im Gegentheile müßte dann die Mitte des Gletschers sich schneller bewegen, als ihre Ränder, da die Thäler meist muldenförmig ausgehöhlt sind, und demnach der Druck den die zu Thalmitte gleitenden Seitenmassen auf die Mitte ausübten, deren Bewegung beschleunigen müßte. Escher von der Linth brachte in seiner Vertheidigung des Gleitens das Argument vor, die Gletschermassen stürzten beständig in das Thalbette zusammen, da sie auf ihrer Unterfläche, wie man dies an ihren Thoren sehen könne, von ungeheuren Gewölben unterhöhlt seien, und der Seitendruck, welchen diese Einstürze verursachten, und das Gleiten der umgebenden Massen in die dadurch bewirkten leeren Stellen, verursache die Bewegung. Man begreift nicht, wie Gletscher, die schon mehrere Stunden Weges zurückgelegt haben, noch eine gleichförmige, glatte Oberfläche haben könnten, wenn solche zerstörende Stürze die Ursache ihrer Bewegung wären.

Meine Erklärung der Gletscherbewegung ist die Scheuchzer's, nur hatte dieser sie zu kurz entwickelt oder eigentlich nur angedeutet (s. Kap. 1). Toussaint von Charpentier griff sie später auf *); indeß scheint mir seine Ansicht in der Hinsicht verwerflich, daß er anzunehmen scheint, das Gefrieren des Wassers in den Schründen spiele eine Hauptrolle bei der Gletscher-

*) Gilberts Annalen. Bd. 63.

bewegung; die Bildung einer Eisdecke auf einem breiten, oben offenen Schrunde kann, und wenn sie auch mehrere Zoll Dicke beträgt, unmöglich eine bedeutende Wirkung auf die gewichtigen Seitenmassen des Schrundes ausüben, es gehört zu einer so regelmäßigen, steten Vorwärtsbewegung, und zu einer so ungeheuren Kraftentwicklung eine große Wassermenge, welche das ganze Eis durchtränkt, und das tiefe unendlich verbreitete Netz der Haarspalten erfüllt. Biselx, Prior des großen St. Bernhard veröffentlichte kurz nach Toussaint de Charpentier eine Abhandlung über die Gletscher *) mit zahlreichen Beobachtungen über ihre Bewegung, die er, wie Charpentier, der Ausdehnung des in den Schründen gefrierenden Wassers zuschreibt. Gilbert hatte in seinen Annalen die Abhandlungen der beiden erwähnten Schriftsteller aufgenommen, und sprach sich ebenfalls für sie aus. Escher von der Linth **) vertheidigte die Saussureschen Ansichten und durch das Gewicht seines Namens wie der speciellen Thatsachen, die er beibrachte, schien er den Sieg über seine Gegner in dem sehr lebhaft geführten

---

*) Ueber die Lauinen, den Schnee und die Gletscher der Alpen, von Peter Biselx, Prior des Hospizes auf dem St. Bernhardsberge. Gilbert's Annalen der Physik. Bd. 64. S. 183.

**) Gegenbemerkungen über die von Hrn. T. von Charpentier aufgestellte Erklärung des Vorwärtsgehens der Gletscher von Escher, Linthpräsident. Gilberts Annalen. Bd. 69. S. 113.

Streite errungen zu haben. Ob man die hier vorgebrachten Gründe zur Feststellung der Theorie des Vorwärtsschreitens der Gletscher durch Gefrieren des Wassers in den Haarspalten, für vollgültig halten wird, weiß ich nicht — ich glaube eine unbezweifelbare Ansicht vergetragen zu haben. Was Hr. Godeffroy von einer cyclischen Bewegung der Gletscher sagt, wo bald der Rand nach der Mitte sich aufrollen, bald von der Mitte nach außen sich abrollen soll, bedarf keiner Widerlegung; keine einzige Thatsache spricht dafür.

Man hat ferner die Bewegung des unteren Gletschertheils dem Drucke zugeschrieben, welcher von oben her, durch die höheren Schnee- und Eismassen, auf das untere Eis einwirke und es so zu Thal drücke. Daß die oberen Massen einen Druck ausüben müssen im Verhältniß ihrer Gravitation und der Neigung des Bodens, ist klar, und wir haben auch schon daraus den Umstand erklärt, daß die Gletscher zu Thal rücken und nicht zu Berge steigen. Allein diese Wirkung ist mehr negativ als positiv und wird durch die Kraft der Ausdehnung sowohl, als auch hauptsächlich durch den Umstand aufgehoben, daß in den oberen Theilen, wo die Bodentemperatur unter 0° sinkt, der Gletscher mit dem Boden zusammengefroren ist und dieser Zusammenhang, wie wir schon oben bei den Stürzen gesehen, allein hinreicht, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten. Zudem müßten, wollte man eine solche vis a tergo annehmen, alle Gletscher einen gleichmäßigen Fall in ihrem ganzen Laufe darbieten, da alle Unebenheiten des Bodens sich ausglei-

chen müßten; Gletscher, welche von verschiedenen Höhen herabkommend, sich vereinigten, müßten einander verschieben, da ja der Druck des einen größer als der des andern sein müßte; je höher der Gletscher herabkäme, desto tiefer ins Thal müßte er rücken, des stärkeren Druckes von oben halber; wenig geneigte, große Gletscher, deren Masse bedeutend die eines stark geneigten kleinen Zuflusses überwäge, müßten diesen in seinem Laufe aufhalten, aufstauen, und der kleine müßte endlich den größeren Gletscher mit seinen Massen gleichsam überschwemmen. Allein alle diese Verhältnisse finden sich nicht in der Natur und so bleibt denn jede andere Theorie unmöglich als die der Dilatation, die um so eher angenommen werden muß, da sie faktisch bewiesen werden kann.

Um das Maaß der durch die Ausdehnung der Gletschermassen bedingten Bewegung genau bestimmen zu können, hatte ich in der Nähe unserer Hütte auf dem Unteraargletscher in einer absoluten Höhe von etwa 7500 Fuß, wo also die mittlere Bodentemperatur unter 0° steht, mehrere rechtwinkliche Dreiecke abgesteckt und ihre Seiten genau gemessen. Ich hatte den Ort der Absteckung so gewählt, daß das eine Dreieck, auf dem compakten Finsteraararme des Gletschers umschrieben, einen von mehreren bedeutenden Querspalten und einigen schiefen, kleineren Schründen durchsetzten Raum umfaßte, während das andere Dreieck auf dem hier vollkommen ebenen, spaltenlosen Zuflusse, welcher von der Strahleck herabsteigt, und ein weit geringer compaktes Eis besitzt, abgesteckt war. Als ich nach 2 Tagen die Seiten der Dreiecke von

neuem maß, fand ich eine Vergrößerung der Hypothenuse des auf dem Strahleckzuflusse abgesteckten Triangels. So sehr auch dieser Versuch zu Gunsten unserer hier aufgestellten Ansicht sprechen würde (da das weniger compakte Eis dieses Zuflusses am meisten dem Einflusse der Dilatation nachgeben mußte), so ziehe ich doch vor, hier nicht die specielleren Data der Beobachtung anzuführen, da der in der kurzen Zeit beobachtete Unterschied in den Bereich möglicher Meßfehler fällt, und erwähne die Thatsache nur im Allgemeinen, um künftige Beobachter auf das Verdienstliche solcher Messungen aufmerksam zu machen, mir vornehmend, sie selber im künftigen Jahre zu wiederholen.

Wenn ich im Vorhergehenden die so allgemein angenommene Theorie des Gleitens der Gletscher auf ihrem Boden bestritt, so hatte ich dabei besonders die obere Hälfte der Gletscher im Auge, welche auf einem Boden ruht, dessen mittlere Temperatur unter 0° sinkt. Ohne Zweifel aber müssen die Verhältnisse der Unterfläche bei allen Gletschern, welche auf einen Boden von + Graden mittlerer Wärme herabsteigen, bedeutend modificirt werden. Die Erdwärme löst hier den Gletscher aus seiner Verbindung, schmilzt seine unteren Schichten ab, und bedingt so ein mehr oder minder beträchtliches Gleiten. Da aber diese Verhältnisse nur in der unteren Gletscherregion, der unbedeutendsten an Masse, eintreten, in der oberen aber wegfallen, so ist es einleuchtend, daß die Gletscherbewegung im Allgemeinen ihnen nicht beigemessen werden kann, und die Ansicht, daß die unteren gleitenden Massen

die oberen nach sich zögen und so deren Bewegung bedingten, ist deshalb unhaltbar, weil diese zu wenig compakt und zu incohärent sind, um auf solche Weise nachgezogen werden zu können.

Will man daher die verschiedenen Verhältnisse der Gletscher zu ihrem Thalboden untersuchen, so muß man vor allen Dingen ihrer absoluten Höhe, oder was dasselbe ist, der mittleren Temperatur des Bodens auf welchem sie ruhen, Rechnung tragen, und es rechtfertigt sich hierdurch schon unsere Erklärung des Gletschersturzes von Randa, die wir oben gegeben; denn da dieser Gletscher in einer Höhe endigt, wo die mittlere Temperatur des Bodens unter 0° stehen muß, so kann es nicht anders möglich sein, als daß er mit dem Boden auf dem er ruht zusammengefroren sei.

Besäße man genaue Beobachtungen über das Verhältniß der Wassermenge, welche auf einem Gletscher fließt, zu der Menge, welche seinem unteren Ende entströmt, so würde man, glaube ich, hieraus bedeutende Schlüsse für die Richtigkeit unserer Ansicht entnehmen können. In der That scheint das Massenverhältniß der sämmtlichen Bächlein und Riesel, welche die Oberfläche durchfurchen, bedeutend dasjenige des Baches, welcher dem Gletscher entspringt, zu überwiegen, und ich habe beobachtet, daß die größeren Bäche selten lange auf der Oberfläche fließen, sondern bald eine Spalte oder einen sonstigen Ausfluß nach unten finden, wo sie sich in den Gletscherbach stürzen. Im Verein mit den Luftströmungen, welche in die-

sen Abflußlöchern sich erzeugen, modificiren diese größeren Bäche die Wände ihrer Kanäle auf ähnliche Weise, wie die Oberfläche von den atmosphärischen Einflüssen modificirt wird; sie lösen die Fugen der Fragmente, und geben so Gelegenheit zu beständiger Infiltration des Wassers in den Haarspalten, und somit zu fortwährender Ausdehnung der Masse durch das Gefrieren desselben; indeß ist diese Infiltration der größeren Derbheit des Eises und der Geneigtheit der Wände wegen, nicht so bedeutend, als auf der Oberfläche. Die kleineren Wasserriesel dagegen verzweigen sich nach allen Richtungen in den Zwischenräumen, dringen, wie es scheint, nur in geringe Tiefen ein, erreichen nicht den Grund, sondern verlieren sich in der Masse und vertheilen sich in den Zwischenräumen der Fragmente. Mithin gelangt nur ein Theil des auf der Oberfläche gebildeten Wassers auf den Thalgrund, und trägt zur Vermehrung des Gletscherbaches bei; der größere Theil hingegen verliert sich in den Haarspalten, gefriert durch die erkältende Einwirkung der Eismassen in diesen, und trägt so zur Vermehrung wie zur Bewegung der Gletschermassen durch seine Ausdehnung bei.

Mathematisch genaue Resultate wird man, meiner Ansicht nach, nie über diesen Punkt erlangen können; allein Untersuchungen an einem Gletscher angestellt, dessen Bach im Winter nicht fließt, von welchem man also mit Sicherheit wüßte, daß in seinem Bette keine Quellen sprudeln, würden sicher wenigstens approximative Resultate von hohem Interesse geben.

Unsere Erklärung der Gletscherbewegung setzt Temperaturverhältnisse voraus, wobei das Eis und der Firn schmelzen und so das Thauwasser bilden, welches in die Tiefen der Massen einsickert. Daß solche Wärmegrade auf allen Hochkuppen unserer Alpen während des Sommers, und zwar namentlich bei hellen, sonnigen Tagen, vorkommen, ist eine längst anerkannte Thatsache, und daß man auch den Hochfirn öfters von Thauwasser infiltrirt findet, von allen Gletscherwanderern hinlänglich bestätigt. Aus unserm später anzuführenden Versuche in Bohrlöchern am Unteraargletscher aber geht hervor, daß der Temperaturwechsel der Luft nur bis auf eine geringe Tiefe in der Gletschermasse merkbar ist, während die unteren Schichten eine stets gleichmäßige Temperatur behalten. Das bis in diese Tiefen sickernde Wasser wird demnach gefrieren, die Temperatur der äußeren Luft möge sein, welche sie wolle, und das Maaß der Bewegung der Eismassen in der Tiefe wird stets in ganz gleichem Verhältniß zu dem in sie einsickernden Wasser stehen. Nicht so wird es sich in den oberflächlichen Schichten des Gletschers verhalten; bedeutende Temperaturwechsel zwischen Tag und Nacht werden hier den größten Einfluß ausüben, da die Hitze des Tages, je größer sie ist, in desto größere Tiefe die Fugen löst und mit Thauwasser füllt, welches, durch die Kälte der Nacht gefrierend, eine bedeutende Ausdehnung erleidet und so zugleich eine schnellere Bewegung in den oberflächlichen Schichten bedingt, als in den tieferen, wo die Wärme des Tages nicht fühlbar ist. So wird es auch erklärlich,

daß nur im Sommer, wo solche erhöhte Temperaturen in jenen Gegenden eintreten, die Gletscher vorrücken, was allgemein anerkannt ist, während sie im Winter stationär bleiben, und daß in der kalten Jahreszeit nur diejenigen Gletscherbäche fortfließen, welche zum Theil durch Quellen genährt werden.

Dreizehntes Kapitel.

Die Unterfläche der Gletscher und ihre Eisgewölbe.

Die Unterfläche der Gletscher konnte bis jetzt nur an ihrem Thalende untersucht werden, indem man entweder in ihr Thor vordrang oder die Höhlen untersuchte, die zuweilen an ihrer Seite sich öffnen. Man könnte vielleicht fruchtbarere Resultate erhalten, wenn man sich in Schründe hinabließe, welche den Grund erreicht haben; die Gefahren und Beschwerlichkeiten eines solchen Versuches sind aber zu groß, als daß man bis jetzt gewagt hätte, ihn anzustellen.

Dringt man unter das Thor eines Gletschers ein, so erstaunt man das Gewölbe nach allen Seiten hin unter den Eismassen sich fortziehen zu sehen; die oft sehr hohen und breiten Gänge verzweigen sich in den wunderlichsten Verdrehungen und man begreift bei dem Anblick dieses Irrgartens von Eisgewölben, welche sich wie in einem Bergwerke nach allen Richtungen hin durchkreuzen, wie Hugi zu der falschen Ansicht kommen konnte, der

Gletscher ruhe auf Füßen, die seine Gewölbe trügen. Wie schon oben bemerkt, setzte er die Ausnahme für die Regel.

Nach den oberen Regionen hin, wo das losere Eis weniger leicht spaltet, vermindern und verengern sich diese Gewölbe natürlicher Weise. Allem Anschein nach aber setzen sie sich weit nach oben hin fort, denn sie bilden die natürlichen Kanäle, wodurch die tausend Bächlein, welche auf der Gletscherfläche entstehen und in den Spalten sich verlieren, ihren Abfluß finden. Auf dem Zermattgletscher sah ich in einer Höhe von 8000 Fuß, drei Stunden weit vom Thalende, mehrere Sturzbäche unter dem Eise verschwinden, und wenn man auch annehmen wollte, die kleineren Wasserriesel verschwänden in den Eismassen und gefrören innerhalb derselben, ehe sie den Grund erreichten, was wenigstens zum Theil sehr wahrscheinlich ist, so muß man doch von so bedeutenden Strömen, als wir dort sahen, zugeben, daß sie durch das Eis hindurch sich Ausgänge bis zu den unteren Gewölben hin bahnen müssen. Außerdem beweist das Abfließen der hohen Gletscherseen dies aufs einleuchtendste. Der Gornersee, am Fuße des gleichnamigen Gletschers, die Goille à Vassu (ein ziemlich ansehnlicher Teich, wenigstens keine Pfütze!) am Valsoreygletscher und der Mörilersee am großen Aletschgletscher, fließen durch die Gletscher selbst ab, und ihre Abzugskanäle müssen sehr bedeutend sein, weil ihr Wasser sehr bald unten am Gletscherthore ankommt und den Gletscherbach bedeutend anschwellt, wenn der See oben sich entleert. So erkennen die Bewohner von

Zermatt stets an dem plötzlichen Anschwellen der Visp, daß der Gornersee sich entleert hat.

Oft ist es wirklich gefährlich, in diese Eingänge einzudringen, da sich häufig Eisblöcke losreißen, deren Sturz durch die geringste Erschütterung veranlaßt werden kann. Engelhardt erzählt, daß zwei junge Männer, welche die Unvorsichtigkeit begingen, im Gewölbe des Rhonegletschers eine Pistole los zu schießen, in demselben Augenblick von dem herabstürzenden Eise erschlagen wurden, welches die Lufterschütterung des Schusses losgerissen hatte. Bei meinem Besuche des Zermattgletschers im Jahre 1839 wagte ich nicht in das Gewölbe vorzudringen, da sich in der Höhe des Thores eine Spalte zeigte, welche gewiß kurze Zeit nachher einen bedeutenden Einsturz veranlaßte (s. Taf. 6).

Diese Einstürze sind namentlich am Eingange der Gewölbe zu fürchten, nnd man kann die Gefährlichkeit des Eindringens leicht aus der Anordnung der Schründe in der Umgebung erschließen. Das Gewölbe des Glacier des Bois, eines der schönsten und größten vielleicht in der Schweiz, ist aus einem andern Grunde nicht zugänglich; der Bach, der ihm entstürzt, ist zu bedeutend. Bei andern Gletschern ist das Eindringen leichter, und Hugi erzählt, er habe unter dem Urazgletscher am Titlis, eine Strecke von mehr als 1/4 Quadratstunde durchwandert, und sei endlich, nach 13/4 stündigem Hin- und Hergehen, am entgegengesetzte Ende zum Wendenbach gelangt. Ein Oberländer Namens Christen, der Vater des Führers welcher nahe am oberen Grindelwaldgletscher wohnt, fiel in

einen Schrund; seine Familie machte vergeblich alle möglichen Anstrengungen, ihn todt oder lebend hervorzuziehen; umsonst! man glaubte ihn verloren, als plötzlich der Todgeglaubte an das Tageslicht erschien. Er hatte einen Kanal bemerkt, dem er gefolgt war, und, trotz eines zerbrochenen Armes, kam er nach 3 Stunden wieder glücklich zum Vorschein, da wo ein kleiner Bach sich in den Gletscher stürzt. Man hat oft und vielfach in allen Zeitungen und Büchern diese wunderbare Rettung nacherzählt und ich selbst habe mehrmals mit dem Sohne des Verstorbenen darüber gesprochen, der mir zu wiederholten Malen sagte: „Sie sagen alle, mein Vater sei in den Bach hinab gestiegen und so unten herausgekommen. Das ist nicht wahr, er ist hinauf gestiegen." In der That müßte das Hinabsteigen sehr gefährlich sein, da in der Dunkelheit der Mann leicht einen steilen Abhang hinabstürzen konnte, während beim Hinaufklettern dergleichen Gefahren den umsichtigen Grindelwaldner nicht drohen konnten.

Saussure schreibt mit Recht die Bildung dieser hohlen Eisgewölbe der Wirkung der Gletscherbäche zu, welche angeschwollen durch die Hitze des Sommers, die Lösung der Fugen erleichtern und das Eis, welches ihren Abfluß hindert, seitlich benagen; das unterhöhlte, seiner Stützen beraubte Eis bricht dann in Stücken los, fällt in den Bach, der sie fortreißt, bis endlich durch das fortwährende stückweise Losreißen eine Art Wölbung entsteht, „deren Wände sich gegenseitig unterstützen und halten" (Voyages dans les Alpes. Bd. 2. S. 16. § 622). Gewiß ist dies die einfachste und richtigste Erklärung der Gewölbe, die

man geben kann. Allein dem Gletscherwasser allein kann wohl der Anfang, nicht aber die Vollendung der Gewölbebildung zugeschrieben werden. Die warmen Luftzüge sowohl wie die Quellen spielen eine große Rolle dabei. Einerseits müssen die warmen Winde im Thale, deren Temperatur während des Sommers weit über 0° steht, sich in den Eisthoren und Gewölben fangen, und da zur Abschmelzung und Verdunstung der von ihnen getroffenen Flächen der Kanäle beitragen; anderntheils müssen aber durch die verschiedenen Temperaturen der Luft an den Gletscherkanälen und der äußeren Thalluft die mannichfaltigsten Strömungen entstehen, welche diese Verschiedenheiten ins Gleichgewicht zu setzen suchen. Die Wärme der in den Gletscherkanälen enthaltenen Luft kann nothwendiger Weise nur wenig über 0° erhoben sein, da sie beständig an den eiskalten Wänden sich abkühlt. Durch diese Abkühlung schwerer geworden, wird die kalte Luft an den tiefsten Stellen, also am Thore und in dessen Nähe dem Boden entlang nach Außen strömen, während die wärmere Luft in der Höhe des Gewölbes in den Gletscher hinein stürzt, und es wird so an dem Gletscherthore eine doppelte Strömung zu finden sein, eine kalte am Boden von Innen nach Außen, eine warme von Außen nach Innen, etwa in demselben Verhältniß, wie wenn man im Sommer einen Eiskeller öffnet, wo ebenfalls diese beiden Luftströmungen in verschiedenen Höhen der Thüre sich erzeugen. Daher die kalten Luftströmungen die an vielen Gletschern, wenn man sich dem Thore nähert, so auffallend sind. Im Gletscher aber ist dies Verhältniß nicht

ganz rein. Da die Gewölbe nach allen Richtungen hin communiziren und überall mit nach Außen zu Tage gehenden Spalten in Verbindung stehen, so scheinen sich hier ähnliche Verhältnisse, wie bei den mannichfaltigen Bergegebläsen zu entwickeln; die kältere Luft der höheren Regionen dringt aber durch die Spalten in die Gewölbekanäle, und sinkt, theils durch ihre Schwere, theils durch die Bewegung des unter dem Gletscher rinnenden Wassers, nach unten gegen das Thalende hin, wo sie dann durch das Thor und die zu Tage gehenden Schründe nach Außen gelangt und, wenn die Thalluft wärmer ist, die kalten Winde veranlaßt, welche aus den Spalten und Gletscherthoren dringen, und von den Aelplern Gletschergebläse genannt werden. In der That steht die Stärke des Gletschergebläses in auffallendem Verhältnisse zur Temperatur der Thalluft, wird um so stärker, je höher diese steigt, und schwindet im Winter gänzlich, ja es variirt nach den Tageszeiten, indem es Morgens vor Sonnenaufgang am schwächsten ist und Nachmittags seine größte Stärke erreicht. Indessen gehören noch genauere Untersuchungen dazu, um zu bestimmen, welchen Einfluß Lage, Höhe und Größe des Thores und viele andere Localverhältnisse auf die Stärke dieses Gletschersgebläses haben mögen, da in dieser Hinsicht allerdings zwischen den einzelnen Gletschern bedeutende Verschiedenheiten obzuwalten scheinen. So viel ist gewiß, daß die durch den Sturz der Eisblöcke entstandenen unregelmäßigen Ecken und Winkel der Kanalwände, welche als vorstehende Spitzen zumeist von den Luftströmen getroffen werden, verdunsten,

schmelzen und sich abrunden; und so entstehen endlich die glatten Wände der Eisgewölbe und Thore, welche oft wie von Künstlerhand ausgehauen und geglättet erscheinen.

Die Quellen, welche sich fast in allen Gletscherthälern finden und stets eine größere Wärme haben als das Eis, üben ebenfalls einen großen Einfluß auf diese Gletscherkanäle aus, und verhindern besonders das Gefrieren derselben und die völlige Verstopfung der Gewölbe während der kalten Jahreszeit, da sie im Winter ebensowohl als im Sommer fließen.

Die Gletscherthore, deren Größe sehr bei den verschiedenen Gletschern wechselt, bilden die große Abflußöffnung, nach welcher hin alle Gletscherkanäle münden, und deshalb liegen sie meist in der Mitte des Gletscherrandes, da der Lauf der Gewässer natürlich die Thalsohle sucht. Bildet aber die Thalsohle nicht zugleich die Gletschermitte oder entwickelt sich der Gletscher mehr auf der einen als der andern Seite, so weicht auch das Thor mehr oder weniger nach der Seite, wie es z. B. jetzt bei dem Zermattgletscher der Fall ist, welcher auf der linken Seite bedeutend vorrückt, während er auf der rechten stationär bleibt. Man sieht selbst an demselben Gletscher rechts von der Hauptwölbung eine zweite kleinere, aus welcher ein kleiner Bach entspringt, der nach kurzem Laufe sich von neuem unter dem Gletscher verliert (s. Taf. 6). Der Unteraargletscher hat zwei unvollkommene Thore, den einen auf der rechten den andern auf der linken Seite.

Die Dimensionen der Gletscherwölbungen hängen hauptsächlich von ihrer Neigung ab. Die großen Gletscher mit

geringer Bodenneigung haben meistens die geräumigsten Thore, wie der Zmutt- und Zermattgletscher, besonders aber der Glacier des Bois, dessen Wölbung zu Saussure's Zeiten 100 F. hoch und 50—80 F. breit war. Im Jahre 1838 war sie weniger groß aber doch immer noch bedeutend genug. Die Wölbungen solcher Gletscher sind zugleich sehr constant, und wenn sie auch zuweilen durch Eisstürze verschüttet werden, so stellen sie sich bald an demselben Orte wieder her.

Weit seltener haben stark abfallende Gletscher Wölbungen, und wenn sich deren finden, so sind sie, der vielen durch die Schründe bedingten Eisstürze wegen, weit weniger geräumig, vergänglicher und unregelmäßiger.

Alle Gletscher, welche in bedeutender, absoluter Höhe endigen, haben keine Wölbungen, da die Temperatur des Bodens, welche unter 0° steht, keine günstige Bedingung zu ihrer Entstehung ist.

Das Eis im Innern der Thore ist so vollkommen glatt und eben, wie das der Schrundwände, und spielt in denselben Nüancen von blau und grün, wie diese. Da die Wände dieser Gebilde gleichmäßig gegen den zerstörenden Einfluß der Atmosphäre geschützt und beständig von abträufelndem Wasser befeuchtet und glatt erhalten werden, so kann dies nicht auffallen; meist sogar stellt sich die Farbe der Thore noch dunkler als die der Schründe dar, da dem Beschauer bei weitem größere Massen entgegen treten.

Der Gletscher ruht nicht immer mittelbar auf dem Thalgrunde, sondern oft auf einer Schicht von Sand und

Schlamm, die mehr oder weniger, wie schon oben erwähnt, zur Bildung der Endmoränen beiträgt. Diese Schicht bildet sich durch die Zerreibung der kleinen Steine und Felsstücke, welche durch die Schründe unter den Gletscher fallen oder unter seine Ränder gerathen, und entspricht daher in ihrer Zusammensetzung genau den zerriebenen Gesteinen. Sie besteht aus einem feinen, weißen Reibsand, wenn die Moränengesteine Granite sind (Glacier des Bois) oder ist ein schwarzer lehmiger Schlamm, wenn die Gesteine, die sie erzeugen, aus Alpenkalk oder Schiefer gebildet sind (Rosenlaui). In einem späteren Kapitel werden wir sehen, daß die charakteristischen Streifen des Gletscherbodens den in dieser Schicht enthaltenen Kiesel und Krystallstöckchen ihren Ursprung verdanken.

In den oberen Regionen ist diese untergletscherichte Schicht meist mit dem Boden zusammengefroren, während sie in den Thaltiefen meist unter dem Einflusse größerer Wärme schmilzt. Am oberen Grindelwald- und dem Rosenlauigletscher sieht man sie sehr deutlich; ebenso an den vom Boden getrennten Eisblöcken und auf dem Gletscherboden selbst, den man meist erst abspülen muß um seine Schliffe und Streifen zu untersuchen.

Unabhängig von dieser Sand- und Schlammlage findet man nicht selten auf der Unterfläche der Gletscher mehr oder minder bedeutende Anhäufungen zugerundeter Geschiebe, deren Größe zwischen der einer Haselnuß bis zum Durchmesser selbst von einem Fuß und mehr variirt. Diese Gerölle sind durchaus dem Grobkies gewisser Diluvialformationen an Gestalt wie mineralogischer Mannich-

faltigkeit analog und sind offenbar durch das Reiben gegen einander und gegen den Boden auf solche Weise zugerundet. Zuweilen stecken sie im Eis selbst, oft auch sind sie ohne Bindemittel auf einander gehäuft. Wenn der Gletscher sich zurückzieht, so bleiben diese Gerölle auf dem Thalgrund liegen, und man könnte alsdann glauben, sie seien von irgend einem Bache dahin geschwemt, wären nicht die verlassenen Endmoränen da, um ihren wahren Ursprung zu beurkunden. Was ihre Abrundung betrifft, so kann man sie unmöglich den unter dem Gletscher selbst fließenden Bächen zuschreiben, da die unter dem trockenen Eise ruhenden auf dieselbe Weise abgenutzt sind. Ihre Größe und Menge wechselt ungemein bei den verschiedenen Gletschern; nirgends sah ich mehr als unter dem Trientgletscher, und dort kann sich Jeder überzeugen, daß sie von den Thaltrümmern herrühren, und sich aus diesen stets wieder neue bilden, nachdem die älteren im Thale abgesetzt werden.

Die untere Fläche des Gletschereises ist stets vollkommen eben und selbst glatt, wie ein abgeriebener Eisblock. Kleine Sand- und Kiesstücke stecken meist darin, welche sie rauh machen wie eine Raspel, und ihr das Ansehen einer Wachsscheibe geben, die man auf Sand gedrückt hat. Buchtige, gerundene Linien zeigen die Umrisse der abgeriebenen Gletscherfragmente an, und man begreift bei Anblick einer solchen Fläche, wie sie im Verein mit der Bewegung, die Felsschliffe und Streifen des Gletschergrundes erzeugen kann.

Vierzehntes Kapitel.

Die Einwirkung der Gletscher auf ihren Boden.

Erwägt man die ungeheure Mächtigkeit der Gletscher, die Härte ihres Eises, das Gewicht ihrer Massen, die Art ihrer Einschließung in den Thälern, so muß man schon im Voraus eine ungemein mächtige Einwirkung aller dieser vereinten Umstände auf das Felsbette des Gletschers annehmen. Aber gerade die Natur dieser Einwirkung und ihre Resultate, die Felsschliffe mit ihren Streifen und Wasserrunsen, welche das Gestein als Denkmal zurückbehält, wurden am heftigsten von den Naturforschern bestritten, bald in ihrer Existenz geläugnet, bald außer aller Beziehung mit den Gletschern gebracht und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil sie meist sichtbarer sind in einer gewissen Entfernung vom Gletscher, als unter oder neben ihm.

Das Schleifen, Abrunden und Poliren der Felsen, welche das Bett und die Wände eines Gletscherthales bilden, ist das auffallendste Resultat der Gletscherwirkung, und man muß zugestehen, daß namentlich bei der An-

nahme unserer Erklärung des Vorrückens es leicht begreiflich wird, wie so ungeheure Eismassen, welche seit Jahrhunderten über dieselben Punkte, wie eine ungemein mächtige Feile, sich hinbewegen, alle Ecken und Unebenheiten ihres Bettes abrunden und ausgleichen müssen. Selten indeß sind diese Felsschliffe unter den Gletschern selbst blosgelegt, man kann viele Gletscher besuchen ohne sie wahrzunehmen, und als ich im Jahre 1839 meinen Freund Studer von der Thatsache überzeugen wollte, daß der Gletscherboden ebenso geschliffen und gestreift sei, wie die 600 Fuß höher am Riffel von uns beobachteten Felsen, von welchen ein Stück Taf. 18 Fig. 2 abgebildet ist, mußte ich, nachdem wir einen Ort aufgefunden hatten, wo wir tief unter den Gletscher eindringen konnten (s. Taf. 7), indem er sich, nahe seinem Thalende, in bedeutender Erstreckung vom Boden losgelöst hatte, das Gestein erst abspülen und rein waschen, ehe die Schlifflächen zum Vorschein kamen.

Die vom Gletscher verlassenen Schliffflächen fallen meist weit mehr in die Augen, weil die Schlamm- und Geröllbecke, welche sie unter dem Gletscher bedeckt, von dem Regenwasser abgespült worden ist, und ohne Zweifel würde man schon weit früher die Hypothese der Schutt- und Schlammströme verlassen, und in den Gletscherverhältnissen die Erklärung einiger wichtigen geologischen Erscheinungen gesucht haben, wenn man den Zusammenhang der Schliffe unter den Gletschern mit den so ausgezeichneten Flächen, welche seit Jahrhunderten verlassen sind, früher erkannt hätte.

J. von Charpentier erwähnt dieser Einwirkung der Gletscher auf ihren Boden als einer längst gekannten Thatsache. „Man weiß, sagt er, *) daß die Gletscher den Fels, mit welchem sie in Berührung stehen, abreiben, abnutzen und poliren.“ Indeß gehört ihm meines Wissens diese Beobachtung an, denn Niemand vor ihm hat sie gemacht; selbst Saussure'n scheint die Thatsache unbekannt gewesen zu sein, sonst hätte er wohl die Schlifflächen am großen St. Bernhardsberg, die seine Wißbegierde so sehr beschäftigten, den Gletschern und nicht dem Wasser zugeschrieben.

Auch das Wasser polirt und rundet freilich mehr oder weniger die Felsen, und man kann überall in den Alpen schlagende Beweise für diese seine Einwirkung finden. Allein die vom Wasser verursachten Schliffe sind sehr von den Eisschliffen verschieden; sie sind weit matter und unvollkommner, finden sich stets in der Thalsohle, den Rinnen und in der Tiefe der Einschnitte, und nie an den Bergwänden oder in einer bedeutenden Höhe über den Flußbetten. Endlich erstrecken sie sich nicht gleichmäßig über die ganze Oberfläche der Felsen weg, sondern die stete Beweglichkeit und Veränderlichkeit des Laufes bedingt auch eine sehr ungleiche Abnutzung des Bettes, welches die Gebirgsbäche sich aushölen.

Das Eis im Gegentheil verschont keine Unebenheiten,

*) J. de Charpentier. Notice sur les causes probables du transport des blocs erratiques de la Suisse. Annales des Mines. Tom. 8. p. 15.

es sucht sie auszugleichen und nutzt eben so wohl Erhöhungen wie Vertiefungen ab. Findet es vorspringende Felsecken auf seinem Wege, so rundet es sie zu, benimmt ihnen ihre scharfen Kanten und bildet so jene rundlichen Höcker, welche Hugi Bauchgestalten, Saussure **roches moutonnées** nannte. Da nun unsere Alpen Berge und Thäler meist ungemein zerrissen und ungleich sind, so zeigen auch meist die in der Nähe des Gletschers befindlichen Felsen solche Rundhöcker, wie Taf. 8 sie darstellt. Die Gewässer üben einen entgegengesetzten Einfluß aus; nur wo sie mit großer Gewalt und lange Zeit hindurch einwirken, poliren sie, aber so, daß sie aushöhlen, Ungleichheiten in den ebenen Flächen bilden, über welche sie laufen, Furchen in der Richtung ihres Laufes ausgraben, während gerade die scharfen Ecken von ihnen verschont bleiben und nicht abgerundet werden. Es ist ungemein belehrend, diese verschiedenen Arten von Schliffflächen mit einander zu vergleichen, welche man oft neben einander in demselben Thale findet, und man erlangt bald eine solche Sicherheit, daß man auf das Genaueste sie nicht nur unterscheiden kann, sondern selbst solche Flächen erkennt, wo ursprüngliche Eisschliffe durch das Wasser verändert worden sind, wie dies durch die unter dem Gletscher laufenden Bäche und Wasserfälle geschieht. Besonders deutlich zeigt sich dieses Verhältniß am Vieschergletscher, wo der Gletscherbach sich zwischen den Rundhöckern des alten Gletscherbodens ein Bett ausgegraben, und überall so weit er reicht, die Eisschliffe durch Wasserschliffe ersetzt hat.

Am Rosenlauigletscher kann man am leichtesten das Schleifen der Felsflächen durch das Eis beobachten. Das Gestein des Thalbodens ist ein compakter schwarzer Kalkstein (Lias nach Studer). Steigt man zu dem Gletscher hinan, so nimmt der Fels allmählich ein glattes Ansehen an, welches er anderwärts nicht hat, und die Glätte nimmt zu, jemehr man dem Gletscher sich nähert. Aushöhlungen wie Erhöhungen sind gleichmäßig geglättet, nirgends findet man einen scharfen Kamm, eine vorstehende Spitze, überall sanft abgerundete Erhabenheiten und ebene Flächen. Da die Felsart aber nicht so hart ist, als die granitischen und Serpentingesteine, auf welchen die meisten unserer Alpengletscher ruhen, und leichter als diese verwittert, so haben sich die entfernteren Schliffflächen nicht erhalten, sondern sind zerstört und nur in der unmittelbaren Nähe des Gletschers findet man auf den Felsen, von denen er sich kaum zurückgezogen, die schönsten Schliffe wie auf dem härteren Gesteine.

Der Felsen Im Abschwung, welcher in einer Entfernung von etwa vier Stunden vom unteren Rande des Unteraargletschers, denselben in den Lauter- und Finsteraargletscher trennt (s. Taf. 14), ist polirt und geschliffen bis unter das Eis des Gletschers selbst, und die Art der Schliffe unterscheidet sich hier, wie am Zermattgletscher, durchaus nicht von den alten Schliffen, welche man bis hoch hinauf an den Felswänden wahrnimmt, und die von einem früher weit höheren Gletscherstande herrühren.

Wie der Abschwung verhalten sich auch die seitlichen Thalwände des Gletschers, und dort, wie an dem

Glacier des Bois, unter dem Aletsch- und Vieschergletscher, habe ich die Schliffflächen in unmittelbarem Contakt mit dem Eis des Gletschers beobachten können. Man könnte entgegnen: Wenn wirklich die Gletscher es sind, welche ihr Bett schleifen, so müssen sie innerhalb ihrer jetzigen Grenzen dasselbe vertiefen, und so Abgränzungslinien zwischen den verschiedenen Punkten, welche sie erreichen, aushöhlen. Das müßte allerdings geschehen, und solche Aushöhlungen des Bettes müßten in der That bewerkstelligt werden, wenn nicht die Gletscher auf einem geneigten Boden ruhten, wo Abschleifungen, auf eine nicht sehr beträchtliche Tiefe, nicht wahrgenommen werden. Zudem schwankt ihre seitliche wie vordere Grenzlinie nicht nur jährlich, sondern fast täglich in bald geringerer bald weiterer Entfernung hin und her, so daß eine solche Grenzlinie stets wieder mit dem übrigen Thalboden nivellirt wird.

Ebenso wichtig als die Schliffflächen sind die Streifen, welche der Gletscher dem Boden einfurcht. Untersucht man aufmerksam die Felsen, von welchen sich der Gletscher zurückgezogen hat, so findet man sie wie zerkratzt von mehr oder minder deutlichen Streifen und Ritzen, welche ganz den Streifen ähnlich sehen, welche man auf weit von den heutigen Gletschern entfernten Felsschliffen wahrnimmt. Saussure bemerkte schon diese Streifen auf Felsschliffen des St. Bernhard, betrachtete sie aber als eine Art Krystallisation und stellte sie mit den Streifen zusammen, welche man oft auf der Oberfläche von

Quarzkrystallen sieht. *) Offenbar genügt diese Erklärung nicht, und ich bin überzeugt, wenn Saussure dieselben Streifen unter den Gletschern gesehen hätte, so würde auch er die wahre Ursache, die ihnen zu Grunde liegt, erkannt und eingesehen haben, daß sie der Gletscherbewegung ihr Dasein verdanken. In der That wurde schon oben bemerkt, daß die Schicht von Schlamm, Sand und kleinem Geröll, welche meist sich zwischen dem Gletscher und seinem Felsboden findet, stets eine Menge kleiner eckiger Trümmerstücke harter Kieselgesteine enthält, welche beim Vorwärtsschreiten der Eismassen, worin sie eingefroren sind, wie eben so viel Diamante den Felsboden ritzen und kratzen, während die abgerundeten Steine der Geröllschicht ihn glatt reiben und poliren.

Je feiner das Korn eines Gesteines ist, desto sichtbarer und netter sind die Streifen. Nirgends z. B. sind sie schärfer und deutlicher, als an den schiefrigen Serpentinen des Gletscherbodens von Zermatt. Ist dagegen das Gletscherbett aus grobkörnigem Gneis oder Granit, wie z. B. am Abschwung im Unteraargletscher, gebildet, so werden die Streifen undeutlicher und namentlich weniger zusammenhängend. Oft auch sieht man neben den eigentlichen Streifen weißliche, runzliche, mehr oder minder vertiefte Kratze, welche nur da vorkommen, wo der Gletscherboden Kalk ist, und oft beim ersten Anblick nur schwer sich von den Kalkspathstreifen unterscheiden lassen,

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes. Bd. III. § 996. S. 383.

welche in so großer Menge den Alpenkalk durchsetzen. Ein Hammerschlag genügt indeß zu ihrer Unterscheidung, da die Spathadern in die Masse des Kalks eindringen, die weißen Streifen aber nur sehr geringe Tiefe besitzen. Am Rosenlauigletscher ist diese Erscheinung besonders auffallend. Diese weißen Streifen rühren einzig daher, daß die kleineren Gerölle und abgerundeten Steinchen der Schuttschicht unter dem Gletscher, welche auf dem harten Granit keinen Eindruck zurücklassen würden, den weicheren Kalkstein quetschen und zerreiben, was besonders an dem Rosenlaui um so mehr der Fall sein muß, da seine Moränen und Gerölle aus granitischen Felsarten bestehen, welche er aus der Höhe herab auf den Kalkstein des Thalbodens schiebt.

Im Allgemeinen entspricht die Richtung der Streifen der Axe des Gletschers, also der Linie, nach welcher der Gletscher zu Thal rückt. Zuweilen jedoch ist diese nicht genau die Richtung der Thalsohle, und an vielen Stellen scheinen die Streifen anzudeuten, daß die alten Gletscher im Zustande ihrer größern Ausdehnung nach anderen Richtungen hin vorwärtsschritten, als das Thalbette ihnen jetzt vorschreibt. Oft auch kreuzen sich die einzelnen Streifen unter mehr oder minder spitzen Winkeln, was darin seinen Grund findet, daß die Ausdehnung des Gletschers durchaus nicht vollkommen gleichmäßig an allen Punkten ist, und namentlich die Ränder schneller vorwärts schreiten als die Mitte, wodurch natürlich eine schiefe Richtung entsteht; daß ferner die Ungleichheiten des Thalbodens oft hie und da lokale Veränderungen der

Bewegungsrichtungen bedingen, welche die allgemeine Bewegungslinie des Gletschers mehr oder minder durchkreuzen, z. B. vorspringende Kämme und Felsen des Thalbodens, und endlich, daß an den Thalwänden die Richtung der Streifen nothwendig eine mehr diagonale werden muß, da die nach allen Seiten hin wirkende Ausdehnung des Eises hier auch eine Bewegung desselben von unten nach oben (gleichsam ein Anschwellen des Gletschers) und mithin ein Kratzen der Steinchen gegen den Fels in dieser Richtung bedingt.

Man hat in der Kreuzung der Streifen einen Beweis gegen meine Ansicht, daß sie von Gletschern herrührten, finden wollen, und behauptet, nur Ströme von Schlamm und Sand hätten solche Wirkungen hervorbringen können. Warum soll aber die Bewegung eines Gletschers in seinem Bette regelmäßiger sein als die eines Wasserstromes in demselben Thale? Und warum soll die Ausdehnung des Eises in verschiedenen Richtungen nicht eben so gut verschiedene Streifungsrichtungen erzeugen können, wie das Wellenspiel eines Flusses? Und dann beweise man doch erst, daß Wasserströme durch ihr Geschiebe auch wirklich ihr Bett so furchen können!

Statt einfacher Streifen beobachtet man zuweilen auf den Schliffflächen wahre Furchen, wie mit einem Pfluge gezogen, welche die allgemeine Richtung der Gletscherbewegung inne halten, und deren Wände eben so, wie die anderen Flächen, gestreift sind. Durch die Art ihrer Politur, die Richtung ihrer Streifen und die Gleichför-

migkeit ihrer Wände, lassen sie sich leicht von den später zu erwähnenden Karren unterscheiden. Meistens werden sie durch besondere geognostische Verhältnisse des Gesteins, Stellung der Schichten und ihrer Köpfe, Abwechslung verschiedener Schichten, Gänge und Spalten bedingt, wo der Gletscher mächtiger einwirkt, als auf vollkommen homogene Flächen.

Um die Schliffflächen und Streifen aus aller Beziehung zu den Gletschern zu bringen, ist man so weit gegangen zu behaupten, sie seien von anderen Ursachen abhängig, seien schon vor den Gletschern da gewesen und die Gletscher bewegten sich auf dem vorher geschliffenen Boden fort, und conservirten mehr oder weniger seine Politur. Wäre dies richtig, so müßten die Schliffflächen gerade unter dem Gletscher und da, wo er früher gewesen, am undeutlichsten, dagegen in weiter Entfernung davon weit sichtlicher und besser erhalten sein; es dürften da, wo der Fels leicht verwittert, die Schliffflächen nicht mit zunehmender Entfernung vom Gletscher undeutlicher werden und verschwinden, während sie unter dem Gletscher selbst vollkommen deutlich und wohl erhalten sind; man dürfte endlich nicht beobachten, daß auf solchem verwitternden Boden die verschwundene Politur sich wieder hergestellt, wenn der Gletscher ihn von neuem überzieht. Am Rosenlauigletscher habe ich noch dieses Jahr beobachtet, daß er beim Vorrücken die Schliffe und Streifen eines Theils seines Bettes, von welchem er sich seit einiger Zeit zurückgezogen hatte, wieder aufgefrischt und in neuem Glanze hergestellt hat; — ein unwiderleglicher Beweis, dünkt

mich, daß die Schliffe und Streifen den Gletschern und nur den Gletschern ihr Dasein verdanken.

Nie trifft man auf den durch das Wasser bewirkten Schliffen Streifen an, und sie bleiben durch die Annahme der Wasserströme als Bewegungsmittel der erratischen Blöcke durchaus unerklärlich. Die Anhänger dieser Theorie läugnen sie daher entweder ganz ab, was freilich das Bequemste ist, — oder sie zucken die Achseln, erklären „es sei eben Nichts damit" und schreiben sie dem Zufall oder Gott weiß welchen Ursachen zu.

Die Wasserfälle und Bäche üben auf den Gletschergrund einen eigenthümlichen Einfluß aus. Da sie oft mit großer Heftigkeit durch die Spalten, Löcher und Trichter hinabstürzen, so nutzen sie zuerst den Grund ab, worauf sie gerade auffallen, verwischen die durch das Eis bewirkte Politur, und ersetzen sie durch die matte Schliffläche, welche durch das Wasser im Allgemeinen bedingt wird; erhalten sie sich während einiger Zeit am nämlichen Ort, so höhlen sie selbst kleine Löcher und Becken in den Felsgrund aus. Oft kann man diese Löcher durch die Spalten hindurch gewahren; häufig findet man sie auf verlassenem Gletschergrund. Am unteren Ende des Vieschergletschers sind sie sehr auffallend (s. Taf. 9).

Ist der Gletschergrund sehr geneigt, so bilden diese Wasserfälle vertikale Rinnen im Felsgrund, welche zu eben so viel natürlichen Abzugskanälen für die Gletscherwässer werden. Am Rosenlaui- und unteren Grindelwaldgletscher sind diese Abzugskanäle besonders ausgebildet und ich habe sie überhaupt nur an Gletschern gefunden, welche wie diese,

auf Kalkboden ruhen. Auf Granitboden habe ich sie noch nicht bemerkt, es scheint daher diese Erscheinung von der Natur des Felsgrundes abzuhängen.

Weiter unten werden wir sehen, daß die vertikalen Rinnen, welche man so häufig auf den verlassenen Gletscherschliffen der Alpen sowohl wie des Jura antrifft, und welche von den deutschen Schweizern Karrenfelder genannt werden, ähnliche Wasserrinnen sind, welche aus jenen Zeiten herstammen, wo diese Gegenden mit Eis bedeckt waren.

Fünfzehntes Kapitel.

Die Temperatur der Gletscher, so wie des Bodens, der Gewässer und der Atmosphäre in ihrer Umgebung.

Die Temperatur ist der Hauptgrund der Bildung, Ausbreitung und Bewegung der Gletscher, und es muß deshalb von höchster Wichtigkeit erscheinen, genau alle Ursachen zu kennen, welche die verschiedenen Wechselzustände bedingen können, denen Luft und Boden unserer Alpen in dieser Hinsicht unterworfen sind. Leider aber hat man nur wenige Beobachtungen über diesen Gegenstand, und auch diese sind gleichsam nur im Fluge gesammelt So lange man nicht ein beständiges Observatorium an einem hinlänglich geschützten Kamm unserer Hochkuppen hat, wird man nie zu einer genügenden Masse von Thatsachen gelangen, welche nöthig sind, um alle Fragen über die Zustände der Atmosphäre in jenen Hochregionen, welche sich in Menge aufdrängen, genau zu beantworten. Es wäre einer einsichtigen Regierung oder einer wissenschaftlichen Gesellschaft würdig, die Kosten der Erhaltung eines

solchen Observatoriums zu tragen, und sicher würden die Früchte, welche eine solche Unternehmung tragen würde, eben so köstlich für die Wissenschaft als viele der kostbaren wissenschaftlichen Reisen in fremde Länder, die oft höchstens einige neue Thier- und Pflanzennamen der Wissenschaft eintrugen.

Da man bisher noch keine Untersuchungen über die Variationen der Temperatur des Eises unter 0° im Innern des Gletschers gemacht hatte, und einige vereinzelte Beobachtungen, welche ich an den Gletschern des Montblanc angestellt, mir keine genügende Resultate zu ergeben schienen, so beschloß ich, mehrere Tage hintereinander auf dem Gletscher zuzubringen, und bei Tag wie bei Nacht Beobachtungen anzustellen, welche, wie ich hoffte, eine genügende Reihe darbieten würde, um Schlüsse daraus abzuleiten.

In Ermangelung eines bequemeren Beobachtungsortes hatte ich deshalb auf dem Unteraargletscher, unter einem Blocke der großen Guffer, welche den Lauteraar- und Finsteraargletscher trennt, in einer Entfernung von 797 Metres vom Abschwung eine Hütte erbauen lassen, deren absolute Höhe ich auf etwa 7500 Fuß schätze (da die zahlreichen Barometerbeobachtungen, welche zu dieser Höhenbestimmung gemacht wurden, noch nicht berechnet sind). Während 9 Tagen und 7 Nächten, welche ich dort zubrachte, habe ich in Allem 24 Beobachtungen über die Temperatur des Gletschers in verschiedenen Tiefen angestellt, indem ich mit einem zweckmäßigen Bohrer Löcher bis zu 25 Fuß Tiefe in das Eis bohrte. Es brachten

diese Beobachtungen ganz unerwartete Schwierigkeiten mit sich; der Transport gewichtiger eiserner Stangen in eine Entfernung von vier Stunden von der letzten Wohnung, der Grimsel, das Bohren selbst in der zähen Eismasse, die Schwierigkeit, die stets von neuem zusammenfrierenden Eisbrocken aus dem Loche hervorzubringen, endlich das Einfrieren der Instrumente selbst in den Löchern und die stete Hinderung, sie aus einer Tiefe von mehr als 10 Fuß hervorzuziehen, machte sowohl ein tieferes Eindringen, als auch eine größere Zahl von Beobachtungen unmöglich. Meine Beobachtungen wurden mit 2 hundertheiligen Thermometern a minima von Bündten in Paris, deren Nullpunkt sorgfältig in schmelzendem Eis bestimmt und deren Gang aufs Genaueste verglichen war, angestellt, indem ich sie bald in dasselbe Loch in verschiedenen Tiefen, bald in verschiedene Löcher und verschiedene Tiefen einsenkte, und ich habe beobachtet, daß in einer Tiefe von 1—2 Fuß unter der Oberfläche die Wärme des Gletschers —0°,33 war, wenn auch die Luft nicht auf 0° sank während der Nacht. In größeren Tiefen fand ich dieselbe Temperatur, doch mit einer Neigung tiefer zu sinken, besonders in den zwei Nächten wo der Thermometograph in 18 u. 25 Fuß Tiefe eingesenkt war. Das Metallrohr, worin er steckte, war eingefroren, und mußte mit siedendem Wasser gelöst werden. In einer Nacht, wo die Luft an der Gletscherfläche auf —3° sank, zeigte das Thermometer in 8 Fuß Tiefe ebenfalls —0°,33 und die Metallscheide war ebenfalls eingefroren, während sie bei andern Beobachtungen, selbst in 15 Fuß

Tiefe und bei gleicher Temperatur von — 0°,33 nicht einfror.

Tags über, wo sich die äußere Temperatur über 0° erhob, verhielt es sich anders. Dann zeigte die oberflächliche Schicht des Gletschers bis zu 8 Fuß Tiefe genau 0°; in 9 Fuß —0,33, ohne daß die Scheibe einfror, und in 25 Schuh Tiefe, am letzten Tage selbst etwas weniger, während die Lufttemperatur +12 betrug. Die Eisstücke, welche ich bei dem Herausreißen der Thermometer an die Oberfläche brachte, waren vollkommen homogen ohne Luftblasen im Innern.

Es geht aus dieser kleinen Beobachtungsreihe hervor, daß in einer gewissen Tiefe der Gletscher stets eine gleiche Temperatur unter 0° hat, und daß die Oscillationen der äußeren Luftwärme nur in den oberen Schichten bis zu 8 Fuß Tiefe merkbar sind, indem hier die Temperatur dann sich auf 0° erhebt. *) Da aber täglich diese Oscillationen im Sommer vorkommen und selbst sehr bedeutend sind, so folgt daraus ein steter Wechsel von Aufthauen und Gefrieren des Thauwassers, wie wir es zur Bildung

*) Zumstein erzählt, er habe bei —10° Lufttemperatur in einer Höhe von 13,128 Fuß in einer Spalte übernachtet, als er seine zweite Besteigung des Monte-Rosa unternommen; morgens zeigte der Thermometer —7° in freier Luft, —4° an der Oberfläche des Eises, und —10° im Eise selbst. Zumstein sagt aber nicht in welcher Tiefe das Thermometer im Eise eingegraben, und ob es vor dem Einfluß der äußeren Temperatur gehörig geschützt war. Da er ferner nur diese eine Beobachtung erwähnt, so kann man ihr unmöglich ein entscheidendes Gewicht beilegen.

und Bewegung der Gletscher für nöthig vorausgesetzt haben, und es wird so sowohl unsere Ansicht hierüber, als über die schnellere Bewegung der oberen Schichten, die diesen Oscillationen besonders ausgesetzt sind, vollkommen bestätigt.

Sobald die umgebende Luft und der Grund, auf welchem die Gletscher ruhen, einen Wärmegrad erlangen, welcher den Frostpunkt übersteigt, so beginnt das Schmelzen; die Oberfläche wird feucht, und bald, wenn sich diese Wärme einigermaßen erhält, bilden sich überall kleine Bächlein, welche nach allen Seiten über den Gletscher rieseln und sich in seiner Masse verlieren. Gleicher Weise bilden sich überall an den Seiten und an der Unterfläche des Gletschers solche Gewässer, welche allen Unebenheiten des Bodens folgend, sich in den Gletscherbach stürzen, der aus der Unterfläche hervorströmt. Ich habe auf vielen Gletschern die Temperatur dieser Bächlein gemessen, und sie stets unverrückbar auf 0° gefunden, mochte die Temperatur der Luft sein wie sie wolle; ich habe mehrere Jahre hindurch zu verschiedenen Tageszeiten auf den Gletschern von Chamouni, Trient, Zermatt und Sankt Theodul, so wie dem Aletsch-, Aar- und Zmuttgletscher diese Beobachtung stets bestätigt gefunden. Allein man muß einen Unterschied machen zwischen denjenigen dieser Bächlein, welche auf reinem, und denen, welche auf schmutzigem Eise laufen; wenn sie zwischen Sand und Schutt rieseln, so wechselt ihre Temperatur zwischen +0°,1° und +0°,7°. Vereinigen sich alle diese Wässerchen zu einem Gießbach, so behält dieser stets noch seine Temperatur von 0° bei, jedoch

mit einer leichten Strich darüber; ich habe dies im Eismeer von Chamouni, auf dem Unteraar-, Aletsch- und besonders auf dem Zermattgletscher beobachtet, dessen Oberfläche von unzähligen Quellen und Gießbächen durchschnitten wird, die sich oft mit lautem Getös in die Schründe hineinstürzen, welche sich ihnen entgegen stellen. Dasselbe habe ich in allen Löchern, deren Grund reines Eis war, beobachtet, von welcher Größe auch ihre Tiefe und Breite waren; das Wasser kleiner Löcher, die mein Thermometer fast ausfüllte, wie das weiter Aushöhlungen von mehreren Fuß Breite und Tiefe, hatte stets gleichmäßig 0°, selbst wenn die Luft 5—6 Grad Wärme zeigte.

Das größte Loch, welches ich untersucht, war ein Becken auf dem Unteraargletschet von 12 Fuß Länge, 3 Fuß Breite und 8 Fuß Tiefe; leider konnte ich mich nicht überzeugen, welches die Temperatur auf dem Grunde war; 3 Zoll unter der Wasserfläche zeigte das Thermometer 0°, die Luft hatte 5 Grad Wärme.

Ist aber der Grund dieser Löcher mit Schlamm, Sand oder Schutt bedeckt, so ändert sich die Sache. Das Wasser wird dann darin wärmer, weil der dunkle Grund die Wärmestrahlen absorbirt. Ich habe große Verschiedenheiten der Temperatur in solchen Löchern angetroffen; das Wasser in dem einen zeigte kaum etwas über 0°, während in andern seine Wärme auf +1°,5 stieg. Auf dem Zermattgletscher zeigten diese dunkel ausgekleideten Wasserbecken nie unter +0°,5 — +0°,8, während auf dem Unteraargletscher ich deren von +0°,5, +1° und selbst von +1°,5 gemessen habe.

Wir haben oben (S. 53) auseinandergesetzt, wie die Anschwemmung dunkelgefärbter Körper durch die kleinen Wasserriesel, welche die Gletscherfläche durchfurchen, ohne Zweifel den Hauptgrund der Bildung jener Löcher abgeben, deren Boden sie auskleiden. Jedoch tritt hier noch ein anderes Verhältniß hülfeleistend hinzu. Das Wasser erhitzt sich an der Oberfläche dieser Löcher auf einen höheren Grad, als am Boden, wo es beständig im Contakt mit den erkältenden Eisflächen steht. Das zwischen +4°,5 und +3° warme Wasser ist nun schwerer, als das, welches auf dem Gefrierpunkte steht. Es entstehen daher in diesen Löchern Strömungen des erwärmten Wassers, welches auf den Grund sinkt, während das eiskalte Wasser in die Höhe steigt und an der Oberfläche von neuem erwärmt wird. Das erwärmte Wasser am Grunde wirkt nun als Lösungsmittel auf das Eis, wodurch es bald bis zu 0° erkältet wird und von neuem in die Höhe steigt. So vergrößern sich durch diesen Wechselstrom die Löcher immer mehr; die Wasserriesel schwemmen immer mehr erdige Theile hinzu, welche, ihrer Undurchsichtigkeit wegen, sich stärker erhitzen und es entstehen auf diese Weise allmählig jene ansehnlichen Becken und Trichter, welche beim ersten Anblick so sehr in Erstaunen setzen (s. Taf. 1 und 2).

Ich habe den Gletscher feucht und im Schmelzen begriffen gesehen, bei einer Lufttemperatur von kaum +1°; oft aber scheint er kaum feucht zu werden, auch wenn die Wärme der Luft weit größer ist. Es hängt dies von dem hygrometrischen Zustande der Luft ab; ist diese sehr

trocken, so verwandelt sich das Eis unmittelbar in Wasserdampf, ohne vorher in den flüssigen Zustand überzugehen und die Gletscherfläche bleibt trocken.

Fällt Abends die Temperatur der Luft unter den Nullpunkt hinab, so erstarren die sämmtlichen Wasserriesel der Oberfläche und die Rinnen längs den Seiten hinab; die kleinen Wasserbecken gefrieren, und überall sprossen auf dem ganzen Gletscher kleine Eisnadeln hervor, welche durch dieses Gefrieren und die Ausdehnung des Wassers erzeugt werden, welches vorher die Fugen der einzelnen Gletscherfragmente erfüllte, und nun sich aus denselben hervordrängt. Ich habe dies Phänomen auf dem Unteraargletscher gesehen, bei einer Lufttemperatur von kaum —1°,5; es entsteht eine höchst mannichfaltige baumförmige Inflorescenz; selbst die kleinen Spalten starren überall von Nädelchen der verschiedensten Form und Größe, die sich auf ihren Rändern emporrichten, und ist der Nachtfrost sehr stark, so gefriert das Wasser selbst in den Schründen von mehr als einem Zoll Breite vollständig, und tritt in Form verschiedenartiger Kämme, die ich auf dem Aletsch- und Aargletscher sehr schön beobachtet habe, über die Eisfläche des Gletschers hervor. Die Aelpler nennen diese seltsamen Eisnadeln und Kämme sehr bezeichnend Gletscherblumen. Morgens aber, mit der Rückkehr der Wärme, fallen diese Blumen ab, die Wasserriesel beginnen sich zu regen, die kleinen Becken thauen auf, und bald nimmt die Gletscherfläche das unruhig bewegte Leben wieder an, welches im Nachtfroste erstarrt war.

Auf dem Unteraargletscher habe ich Bäche von 2 Fuß Breite und 8—10 Zoll Tiefe beobachtet, welche Abends bei —1°5 und —2° vollkommen still standen, und am Morgen, auch bei einer Wärme von nur wenigen Graden über 0°, von neuem zu rinnen begannen. Bei warmen Regen und 5° Lufttemperatur, sah ich den Gletscher so eben, daß man das in den Spalten gebildete Eis genau von dem der übrigen Masse unterscheiden konnte, indem es bald parallele, bald verschiedenartig sich kreuzende Fäden eines blauern und compakteren Eises, als die übrige Gletschermasse, bildete. Viele dieser Ausfüllungen waren 1 bis 3 und mehr Zoll breit, bei verhältnißmäßig sehr bedeutender Länge; es waren offenbar durch frisches Eis ausgefüllte Schründe. Auf ähnliche Weise ausgefüllte Becken und Löcher habe ich auch beobachtet, und habe mich überzeugt, daß an einzelnen Stellen die Schneefüllungen der Schründe und Löcher sich durch Tränkung mit Wasser in Gletschereis umwandelten, welches durchaus nicht von dem gewöhnlichen zu unterscheiden war, und nur an den Rändern des Schrundes eine Abgränzung darbot. Der Gletscher hatte an diesen Tagen das Aussehen eines mattweißen, nach allen Richtungen von dunklen gefärbten Adern durchzogenen Felsen.

Wie sehr diese Beobachtungen für unsere Theorie der Bewegung und Bildung sprechen, brauche ich wohl nicht zu erwähnen.

Die Gletschermasse selbst erweicht sich während der Tageshitze, und ihre Fugen lösen sich oft bis auf mehrere Fuß Tiefe an dem Thalende, besonders da, wo die Ober-

fläche nicht von Blöcken bedeckt ist. Während des Nachtfrostes erstarrt sie von neuem, und durch das Gefrieren dehnt sie sich nach allen Richtungen hin aus. Diese Ausdehnung wird um so beträchtlicher sein, je bedeutender die Hitze des Tages war, in je größerer Tiefe die Eisfugen gelöst worden, und je mehr Wasser in die Haarspalten des Eises eingesickert ist. Dieser stete Wechsel zwischen Gefrieren und Aufthauen ist in der That die einzige wirkende Ursache der Gletscherbewegung, wie Scheuchzer und Biselx schon erkannt und Toussaint de Charpentier so geistreich bestätigt hat, und es liegt in diesem Bewegungsgrunde auch die einzige Ursache, warum im Sommer die Gletscher weit mehr vorrücken, als in den andern Jahreszeiten, wo die Oscillationen der Temperatur um den Gefrierpunkt nicht so bedeutend sind. Die Leichtigkeit, womit das neugebildete Nachteis wieder während des Tages schmilzt, trägt viel zu dieser Ausdehnung der Haarspalten und Gletscherräume, worin es einsickern kann, bei. Es wäre jedoch falsch, wollte man aus dieser Unbeständigkeit des Nachteises im Verhältniß zu dem weit hartnäckiger widerstehenden Gletschereis, den Schluß ziehen, daß ersteres nicht so mächtig als wir es dargestellt, zur Ausdehnung des Gletschers beitrage, während doch seine stete Neubildung und Zerstörung die Hauptursache der vorwärtsschreitenden Gletscherbewegung ist. Im Winter hingegen ist der Gletscher in bedeutende Schneemassen eingehüllt, die ihn kaum unter ihrer tiefen Decke von benachbarten Gegenständen unterscheiden lassen; seine ganze Oberfläche ist gefroren, die

kleinen Sommerriesel erstarren und selbst der Bach, der aus seinem Thore hervorstürzte, versiegt ganz oder größtentheils, und völlig unbeweglich erhält sich die erstarrte Masse, bis der Sommer mit seiner Wärme eine neue Bewegungsepoche bedingt. Prof. Bischof von Bonn hat in Verein mit Herrn Pfarrer Ziegler in Grindelwald eine Reihe sehr wichtiger Beobachtungen über die Temperatur der Grindelwaldgletscher, der Bäche, die aus ihnen und der Quellen, die in ihrer Nähe entspringen, angestellt. *) Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, daß die weiße Lütschine, welche aus dem unteren Gletscher hervorstürzt, und kein Quellwasser, wie es scheint, empfängt, während des Winters gänzlich versiegt; während die aus dem oberen Gletscher entspringende schwarze Lütschine zwar abnimmt im Winter, aber doch, selbst in der strengsten Kälte, ihren Lauf fortsetzt, weil sie zugleich von mehreren Quellen genährt wird. Altmann **) schon hatte Quellen als vermuthlichen Grund dieser Unterschiede zwischen den Gletscherbächen bezeichnet.

Man hat viel über die Ursache des Abschmelzens der Gletscher an ihrer Unterfläche gestritten. Saussure und seine Anhänger schreiben diese Erscheinung hauptsächlich der inneren Erdwärme zu; Bischof †) hingegen hat sehr überzeugend nachgewiesen, daß die Erdwärme nur

*) Die Wärmelehre von G. Bischof. S. 117.

**) J. G. Altmann, Versuch einer historischen und physischen Beschreibung der helv. Eisberge. Zürich 1751. S. 49.

†) Wärmelehre. S. 102.

einen äußerst geringen Einfluß auf die Bodenwärme an der unteren Gletscherfläche haben könne, und daß nur unterhalb der Frostlinie des Bodens eine Abschmelzung durch die Erdwärme möglich sei. Diese Frostlinie aber, wo die mittlere Bodenwärme 0° ist, behauptet in unseren Alpen die Höhe von 6165 Fuß über dem Meere; daraus müssen wir demnach schließen, daß, abgesehen von unteren Strömungen, ein Gletscher, dessen Thalende die Höhe von 6165 Fuß nicht erreicht, nur während des Sommers auf den Seiten und der Oberfläche, nicht aber durch den Einfluß der Erdwärme auf seiner Unterfläche schmelzen kann. Für die Theorie der Gletscherbewegung sind diese Schlüsse von äußerster Wichtigkeit, indem sie darthun, daß in der absoluten Höhe von 6165 Fuß der Gletscher nicht mehr schmelzen kann, und demnach sein Herabsteigen von den höchsten Kämmen bis zu dieser Höhe nicht einem, durch diese Schmelzung bedingten Gleiten, sondern anderen, auf die Oberfläche wirkenden Ursachen zugeschrieben werden muß, welche wir schon in einem der vorhergehenden Kapitel zu erörtern gesucht haben.

Nach Bischof's Beobachtungen scheint die Bodenwärme unmittelbar unter dem Gletscher =0° zu sein; allein seine Beobachtungen sind zu ungenügend, um unsere Kenntnisse über diesen Punkt wesentlich zu fördern. Man müßte an verschiedenen Orten den Gletscher bis auf seinen Felsengrund durchsenken, und in den Bohrlöchern die nöthigen Beobachtungen anstellen, um genaue Resultate zu erhalten. Ich habe die Absicht, auf einem Punkte des Unteraargletschers, wo die Masse nicht zu bedeutend

ist, diese Bohrversuche anzustellen. Sei dem, wie ihm wolle, so viel ist gewiß, daß die erkältende Einwirkung der Gletschermasse auf seinen Boden sich nicht weit über seine Grenzen hinaus erstreckt; denn Bischof fand die Bodentemperatur am Gletscherrande am 26. August 1835 +2° und 100 Schritte davon +8°,5.

Wohl aber hat der Gletscher einen bedeutenderen Einfluß auf die Gewässer, die ihm entspringen, als auf die Wärme des Bodens. Ich habe zu wiederholten Malen die Temperatur des Vispbaches gemessen, der aus dem Zermattgletscher hervorstürzt und habe sie stets des Morgens früh kaum merklich über 0° gefunden, während sie den Tag über bis auf +1°5 stieg. Ebenso verhält sich der Bach des Zmuttgletschers. Oberhalb Zermatt, eine Stunde unterhalb des Gletschers, wo die Visp schon den Bach des Zmuttgletschers aufgenommen hat, war ihre Temperatur ebenfalls etwas über 0° des Morgens früh; eine Stunde unterhalb Zermatt (zwei Wegstunden vom Gletscher entfernt) zeigte das Wasser der Visp +1°7 bei +9° Lufttemperatur; bei Täsch, nach Aufnahme des Baches vom Finelengletscher +2° bei +9° Lufttemperatur; bei Herbringen +3° bei +9°,5 Lufttemperatur um 9 Uhr Morgens, bei bedecktem Himmel. Zu Stalden endlich, 7 Stunden von Zermatt, hatte die Visp +5° bei +14° Lufttemperatur; indeß stürzen von Herbringen an zahlreiche Bächlein von den steilen Thalwänden herab in ihr Bett, deren Temperatur zwischen +4° und +6° schwankte. Der Lauf der Aar im Haslithale hat mir eine ähnliche Reihe von Temperaturerhöhungen gezeigt. Beim

Austritte aus dem Unteraargletscher hat sie + 1°; unter dem Grimselhospiz schon + 2°; über der Handeck + 3°; unter dem Handeckwasserfall + 4°; bei Guttannen + 5°; bei Hasli im Grund + 6°; bei Meiringen + 7° und beim Eintritt in den Brienzersee + 9°. Ich habe diese Versuche mehrmals wiederholt und nur geringe Schwankungen in diesen Temperaturen wahrgenommen, wenn auch die Lufttemperatur sehr bedeutende Abweichungen zeigte. Es nimmt demnach die Temperatur des Aarwassers etwa in jeder Stunde Wegs, die es zurücklegt, um einen Grad C. zu.

Sehr erstaunt dagegen war ich, als mir das Thermometer im Wasser des Riffelsees, der mehr als 7000 Fuß über dem Meere erhaben liegt, + 9° bei einer Lufttemperatur von + 5° zeigte. Der Todtensee auf dem Grimselpasse hatte + 8° bei + 4° Luftwärme um 7 Uhr Abends, und am 10. August 1840 bei einer Luftwärme von + 5°, Abends 5 Uhr + 9°,3. Der Trübtensee am Sidelhorn hatte am 22. August 2 Uhr Mittags bei + 15° Lufttemperatur + 7° und sein Hauptzufluß + 10°. Während mehrerer kalter Tage, wo das Thermometer nicht über + 5° im Tage stieg und bei Nacht mehrere Grade unter 0° fiel, fand ich die Temperatur des kleinen Sees neben dem Grimselhospital unveränderlich auf + 8°, und doch liegt dieser See in einer Höhe von 5830 Fuß über dem Meere. Vom 8. bis zum 22. August 1840 habe ich seine Wärme mehrmals gemessen und zu allen Tageszeiten zwischen + 9° und + 10° schwankend gefunden, während die Lufttemperatur zwischen + 3° und + 13°5

variirte. Freilich werden die angeführten Seen nicht von Gletschern genährt und könnten wohl warme Quellen enthalten.

Das Abschmelzen der Gletscher bringt noch eine sehr interessante Erscheinung hervor, die kleinen Wasserbecken und Seen, welche man auf ihrer Oberfläche und an ihren Rändern findet.

Wir haben schon in frühern Kapiteln die Entstehungsart der kleinen Löcher, Becken und Trichter auf der Oberfläche der Gletscher behandelt; die kleinen Randseen stehen ihnen an geologischem Interesse vielleicht noch voran. Oft hängt der Gletscher an seinem Rande und seiner Unterfläche so enge mit dem Felsboden zusammen, daß er dem Wasser, welches die Runsen der Seiten hinabrieselt, den Ausfluß versperrt. Es bilden sich dann in den Einbuchtungen der Thäler, wenn sie der Gletscher nicht vollkommen erfüllt, mehr oder minder beträchtliche Wasseranhäufungen, welche die Sandecken überschwemmen, auswaschen, und den Schlamm, Sand und die verschiedenen kleinen Kiesel der Moränen in unregelmäßigen Schichten auf ihrem Boden ablagern. Bietet nun eine Spalte oder das Vorwärtsrücken des Gletschers ihnen einen Ausfluß dar, so entleeren sie sich und lassen ihren geschichteten Bodensatz zurück. So trifft man dann öfters im Verlaufe der Moränen ziemlich ausgedehnte Strecken, wo diese ihr verwirrtes Ansehen verlieren, und mehr oder weniger, wie im Allgemeinen alle Wasserdepots, geschichtet erscheinen, und in der That sind auch die kleinen Randbecken Ursache dieser Schichtung. Es giebt solche Randseen, welche

beständig sind, und sich unter den Gletscher in sein Bett oder durch Felsenspalten nach Außen entleeren. Der Aletsch- oder Mörilersee zur Seite des Gletschers gleichen Namens, zwischen dem Bedmerhorn und den Walliser Vieschexhörnern gelegen, ist vielleicht einer der bedeutendsten dieser Randseen (s. Taf. 12); er verursachte früher oft sehr bedeutende Verwüstungen, wenn sein aufgestautes Wasser sich plötzlich durch das Gletscherbett entleerte; die Regierung hat seit dem einen Stollen durch den Berg treiben lassen, wodurch er sich nach dem Vieschgletscher hin entleert, wenn er anschwillt. Noch jetzt aber greift er oft so weit unter den Gletscher, daß ungeheure Eisblöcke sich loslösen, in ihn hineinstürzen, und auf seiner Oberfläche herumschwimmend; genau das Bild im Kleinen darbieten, welches die schwimmenden Eisberge des nordischen Polarmeeres im Großen uns vorführen. Diese Eisblöcke sehen den Eisnadeln vollkommen ähnlich; ihre Farbe ist ein sanftes Meergrün. Im August 1839 fand ich die Temperatur des Wassers im Aletschsee $+1^{0},5$ bei $+5^{0}$ Luftwärme. Diese Wärme des Wassers bedingt ohne Zweifel das Herabfallen der Eisblöcke, die auf ihm schwimmen. Unterminirt durch dasselbe, fallen die Eisblöcke hinein, sobald ihr Gewicht ihre Adhäsionskraft überwiegt, und lösen sich allmählich schwimmend im Wasser auf, oder stranden am Ufer. Martins erklärt ganz auf dieselbe Weise die schwimmenden Eisberge der Polarmeere *).

*) Bibliothèque universelle de Genève. 1840. No. 55. p. 158. Bulletin de la soc. géolog. de France. Tom. XI. p. 288.

Aehnliche Wirkungen zeigen sich an den Rändern der Gletscher, wenn sie bei ihrem Vorwärtsschreiten den Ausgang eines in ihr Thalbett mündenden Thales verstopfen. Die Gewässer des gesperrten Thales stauen sich über dem Gletscher auf, bilden oft große Seen, welche den Gletscher überschwemmen oder endlich hinlängliche Stärke gewinnen, um den Eisdamm, der sie zurückhält, zu durchbrechen, und sich mit rasender Gewalt freien Weg bahnen, in ihrem reißenden Laufe alles vor sich niederwerfend was ihnen in dem Wege steht. Eine traurige Berühmtheit hat in dieser Beziehung die Ueberschwemmung des Bagnethales im Wallis erlangt. *) Wie wir oben gesehen, sperrte der Glacier de Gietroz das Thal, welches bald ein beträchtlicher See wurde. Die aufgestaute Wassermasse durchbrach im Jahre 1818 den Eisdamm, und verwüstete auf fürchterliche Weise das Thal bis unter Martigny hinab. Die alten Schweizerchroniken berichten eine Menge Ereignisse dieser Art, und beurkunden so die Häufigkeit dieser Conflickte zwischen Eis und Wasserströme.

Von Charpentier war der Erste, welcher die geologische Wichtigkeit dieser Randseen hervorhob und auf ihre geschichteten Bodensätze aufmerksam machte; er hat alte Moränen im Rhonethale entdeckt, die dasselbe Aussehen darbieten, und sicher in einem solchen Randsee zur Seite eines ungeheuren Gletschers von neuem aufgeschwemmt worden sind. Ich habe mit Charpentier eine der interessantesten Lokalitäten dieser Art, oberhalb der

*) Naturhistorischer Anzeiger. 1818. Nr. 12.

Bäder von Lavey besucht, wo ohne Zweifel der rechte Gletscherrand in ein solches Wasserbecken tauchte. Seither habe ich an verschiedenen anderen Orten, und selbst im Jura, viele solcher Stellen angetroffen; sie finden sich hier in verschiedenen Höhen, wo die Gletscher bei ihrem Rückzuge längeren Halt machten, und sind in weit größerem Maaßstabe als selbst die der Alpen angelegt.

Endlich bilden sich dann zuweilen noch solche Eisseen, wenn zwei große Gletscher unter einem sehr stumpfen Winkel in einem Thale mit ihren zugekehrten Rändern zusammentreffen; das Wasser sammelt sich in dem Vereinigungswinkel, oder bildet ein kleines Becken, das sich so lange vergrößert, bis es über den Gletscher abfließt. Oft auch wird, durch das Vorwärtsschreiten der Gletscher, besonders wenn derjenige, welcher dem andern schief in die Flanke fällt, der größere ist, das Becken auf den Gletscher geschoben, ganz auf dieselbe Weise wie die Gufferlinien. So wird der am Fuße des Gornerhorns gelegene kleine See, von dem großen seitlich herankommenden Gornergletscher mit sammt der ihn begrenzenden Moräne schief auf den Gletscher geschoben, rückt mit diesem voran und entleert sich meistens in den ersten Sommermonaten unter dem Gletscher durch. De Saussure beschreibt *) einen ähnlichen See am Fuße des Mont-Noir, zwischen den Gletschern von Tzeudey und Valpeline in dem Valsoreythale, der sich meist im Anfang Juli entleert und zuweilen große Verwüstungen anrichtet. Am

*) Saussure, Voyages. Tom. II. p. 385.

Fuße des Abschwung im Vereinigungswinkel des Lauter- und Finsteraar bilden sich auch zuweilen solche Tümpel.

Indeß ist das Abschmelzen der Ober- und Unterfläche der Gletscher nicht die einzige Ursache ihrer Abnahme; noch eine andere gibt es, die zwar weit weniger in ihren Resultaten bestimmbar, aber dennoch nicht minder wirksam zur Erhaltung der Gletscher in gewissen Gränzen ist; ich meine die Verdunstung. Wenn man auch keine Beobachtungen über das unmittelbare Verdampfen des Eises an seiner Oberfläche hätte, so müßte man schon aus dem einzigen Umstande, den man sehr häufig in der Gletscherregion antrifft, darauf schließen, nämlich daß selbst bei bedeutender Luftwärme das Eis oft ganz trocken bleibt und nicht schmilzt, ein offenbarer Beweis, daß es unmittelbar verdunstet. An solchen Tagen hört man auf dem ganzen Gletscher ein eigenes knisterndes Geräusch, fast wie wenn man lockeren Schnee zertritt, und man sieht eine Unzahl Luftblasen überall sich auf dem Eise entwickeln. Besonders in den seichten Wasserlöchern kann man diese Luftentwicklung sehr deutlich beobachten. Ich muß bedauern in Ermangelung zweckmäßiger Apparate diese Luft nicht haben auffammeln und ihre Zusammensetzung bestimmen zu können; es mag dies ein Gegenstand künftiger Untersuchungen sein.

Um einige Data über den hygrometrischen Zustand der Luft in jenen Hochregionen bieten zu können, habe ich 6 Tage hindurch das Haarhygrometer von Saussure nebst dem Psychrometer von August verglichen. Ich hatte die Instrumente in der Nähe meiner Hütte auf der

Gletscherfläche selbst aufgestellt und, durch das Wetter begünstigt, bei sehr verschiedenen atmosphärischeu Zuständen beobachten können. Die Resultate sind noch nicht berechnet und es ist mir daher unmöglich, die speciellen Data hier anzuführen; doch kann ich sagen, daß die Trockenheit der Luft oft ungemein groß war, indem das Haarhygrometer sehr häufig 50 und weniger Grade, auf dem Gipfel der Strahleck und dem Zäsenberg selbst nur 40° bei wenig Graden über 0° Luftwärme zeigte, während die Thermometer des Psychrometers oft um 3 und 4 Grade abwichen.

Uebrigens verschmelzen das Aufthauen und Verdunsten in ihren Wirkungen auf die Verminderungen der Gletschermasse mit einander und lassen sich nicht gehörig trennen; wie groß aber diese combinirten Wirkungen seien, das zeigen die in den vorigen, namentlich den über das Aussehen, die Nadeln, die Moränen, die Tische und die Schuttkegel handelnden Kapiteln erwähnten Erscheinungen.

Sechzehntes Kapitel.

Die Oscillationen der Gletscher in den geschichtlichen Zeiten.

Das Vor- und Rückschreiten der Gletscher bildet einen Gegenstand des Tagsgespräches der Reisenden in den Alpen und der Aelpler namentlich, da diese Erscheinung ihre Interessen so nahe berührt; ja man findet in den meisten Dörfern Traditionen und Urkunden über die Wechselstände der benachbarten Gletscher, denen indeß kein unbedingtes Vertrauen zu schenken ist, da sie meist nicht ganz frei von Uebertreibung sind. Oft auch schlichen sich Fehler dadurch in die Wissenschaft ein, daß diejenigen, welche solche geschichtlichen Untersuchungen veröffentlichten, die oft eigenthümliche Ausdrucksweise der Alpenbewohner nicht verstanden und ihr einen falschen Sinn unterschoben. So glauben die Meisten, welche vom Rückzug der Gletscher hören, es sei dies ein förmliches Rückschreiten und Zusammenziehen der Gletschermassen in sich selbst, während alle Aelpler, welche sich so ausdrücken, gar wohl wissen,

daß dieser Rückzug nur scheinbar und in überwiegender Abschmelzung und Verdunstung des Gletscherendes bestehe. Dagegen herrschen hinsichtlich des Vorrückens der Gletscher meist falsche Ansichten unter den Aelplern, und da sie fast Alle die Meinung hegen, der Gletscher rutsche auf seinem Boden, so erzählen sie nicht selten die wunderbarsten Geschichten über ihre Schnelligkeit und reden selbst von Sprüngen, welche sie beim Vorrücken machen sollen. Auf meinen vielfältigen Alpenreisen habe ich nie versäumt diesen und ähnlichen Wundergeschichten wo möglich auf den Grund zu kommen, habe aber nie Jemanden getroffen, welcher Augenzeuge eines solchen Sprunges zum Beispiel gewesen wäre. Es war stets der Großvater, ein Vetter, oder sonst eine glaubwürdige Person, die es gesehen und seinen Freunden und Verwandten mitgetheilt hatte.

Schon seit langer Zeit haben die Oscillationen der Gletscher das Augenmerk der Naturforscher auf sich gezogen, da sie in genauer Verbindung mit einer Hauptfrage der allgemeinen Physik, der Erdwärme nämlich, stehen. Scheuchzer schon hatte unter diesem Gesichtspunkte auf sie aufmerksam gemacht, bei Gelegenheit der Kapelle der heil. Petronilla in Grindelwald (s. Kap. 1).

Venetz war es indessen vorbehalten, durch seine berühmte Denkschrift über die Variationen der Temperatur in den Schweizer-Alpen *), diese wichtige Frage ganz der

*) Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die Naturwissenschaften. Zürich 1833. Bd. I. Abth. 2.

Wissenschaft anzueignen. Er beschränkte sich nicht nur auf die Ergründung der Bodenverhältnisse, welche eine weit größere Ausdehnung der Gletscher in früheren Epochen nachweisen, wie die in mehr oder minder beträchtlichen Entfernungen von den heutigen Gletschern anzutreffenden Moränen, sondern er suchte und fand in den alten Kirchenbüchern und Pfarrregistern des Wallis auch die unwiderleglichsten Beweise für eine geringere Ausdehnung der Gletscher in neueren Zeiten vor. Seine zahlreichen Streifzüge in den Walliser-Alpen gaben ihm eine Menge der interessantesten Beobachtungen über die Verhältnisse der Gletscher zu ihrem Boden und ihrer Umgebung an die Hand, und man kann sagen, daß es ein Hauptverdienst seines Aufsatzes sei, auf dem Schauplatze dieser mannichfaltigen Oscillationen der Gletscher selbst geschrieben zu sein. Mit seltener Sachverständniß hat er die Thatsachen ausgewählt, welche er dem Publikum vor legt, was um so schwerer ist, da gar oft die Hand des Menschen hinreicht, den Anblick einer ganzen Gegend zu ändern, ohne daß mächtige Veränderungen des Bodens oder der Atmosphäre, das Ihrige zu dieser Umänderung beigetragen hätten.

Venetz theilt die von ihm beigebrachten Thatsachen in zwei Reihen, die einen, welche für eine Temperaturverminderung in den Schweizeralpen während historischer Zeit zu sprechen scheinen, sind meist alten Dokumenten oder direkter Beobachtung entnomen; die anderen, welche eine Temperaturerhöhung zu beweisen scheinen, begreifen

die von den Gletschern selbst als Denkmale ihrer Anwesenheit in früherer Zeit errichteten Denkmale.

Folgendes sind einige aus der ersten Reihe entlehnte Thatsachen:

In den Büchern der Gemeinde Bagnes hat der Kanonikus Rivaz einige alte Schriften gefunden, welche dieser Gemeinde den freien Handel mit Piemont über die Chernontanaz und den Col de Ferrer zusichern; — heut zu Tage ist der Weg so beschwerlich geworden, daß nur selten noch Maulthiere ihn betreten. Wahrscheinlich brauchte man früher nicht den Gletscher des Mont-Durand zu überschreiten, was jetzt nöthig geworden ist.

In denselben Archiven hat Hr. Rivaz die Akten eines Prozesses gefunden, worin die Gemeinde Liddes das Eigenthumsrecht eines auf dem Gebiete der Gemeinde Bagnes liegenden Waldes ansprach, der heut zu Tage nicht mehr existirt. Ein ungeheurer Gletscher hat ihn bedeckt und alle Communikation auf diesem Wege abgeschnitten.

Früher führte ein sehr besuchter Paß von Zermatt in das Eringerthal. Im Jahre 1516 kaufte die Gemeinde Zermatt dem Kapitel zu Sitten einen Zins ab, welchen sie bei ihrer jährlichen Prozession dorthin durch das Eringer- und Zmutt-Thal zu entrichten hatte. Der Gebirgsstock zwischen beiden Thälern ist jetzt so mit Eis zugedeckt, daß kaum die kühnsten Gemsjäger ihn zu überklettern wagen.

Aus dem Lötschthale in Wallis kann man nur noch zu Fuß ins Gasteren-Thal gelangen; früher wurde der Weg mit Saumrossen befahren.

Im Grubthäli hinter Gruben und Meiden im Turtmannthale findet man noch eine große Strecke gepflasterten Weges, der durchs Auskumenthälchen nach St. Nikolas führte; jetzt passiren dort nur noch die Gemsjäger.

Auf beiden Seiten des Monte-Moro findet sich ein Saumweg, welcher früher das Anzaska-Thal (Vallis Antuatium) mit Saas in Wallis in Verbindung setzte. Man trifft dort gepflasterte Strecken von der Länge einer halben Wegstunde an. Ein anderer Weg führte von Antrona nach Saas.

Nach einer handschriftlichen Chronik des Saaser-Thales *) waren schon im Jahr 1440 diese beiden Wege sehr alt. Im Jahre 1515 begann ein Prozeß über deren Unterhaltungskosten zwischen den Bewohnern von Saas und Antrona. Es wurde ein Schiedsrichter von Luzern ernannt; da aber damals gerade die Schweizer die italienischen Grenzen besetzt hielten, um die Angriffe des Cardinals Schinner zurückzuschlagen, so wurde die Verurtheilung der Einwohner von Antrona zu den Unterhaltungskosten nicht exequirt. In der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts wurde der Weg schwierig. Im 18., und zwar in den Jahren 1719, 1724 und 1729 wand man viel Mühe und Kosten auf, um den Paß von Antrona wieder für Salz und andere Waaren fahrbar zu machen, aber nie waren diese Reparationen von langer Dauer. Offenbar

---

*) Die Geschichte des Thales Saas, aus etlich hundert Schriften zusammengezogen, von Peter Joseph Zurbrüggen, Beneficiat zu St. Antoni von Padua.

hätte man die Kosten dieser Reparationen gespart, wenn dort ein Gletscher gewesen wäre, da man sie dann ja im Voraus für unnütz halten mußte."

Venetz schließt aus diesen und vielen andern Thatsachen, die er in seinem Aufsatze aufführt, daß die Pässe der Hochalpen alle zu der nämlichen Zeit (vom 11. bis 15. Jahrhundert) offen gewesen seien, und als Beweis führt er die St. Petronillenglocke im Grindelwald an, welche im Jahr 1044 gegossen wurde. Nach Zurbrüggen fingen im 15. Jahrhundert die Pässe an schwierig zu werden und im 16. Jahrhundert erst konnten die Saumrosse nicht mehr passiren.

Folgende Thatsache scheint Zurbrüggens Meinung zu bestätigen. Als zur Reformationszeit Verfolgungen gegen die Protestanten in Oberwallis begannen, trugen diese, welche keinen Gottesdienst zu Hause haben durften, ihre Kinder durch das Vieschertthal nach Grindelwald, um sie dort taufen zu lassen. Als ich im Jahre 1839 den Aletsch= und Vieschergletscher besuchte, fand ich nahe am Aletsch= oder Mörilersee längs des Gletschers sehr kenntliche Spuren des alten Weges, welcher ohne Zweifel dem Kamme der Vieschérhörner entlang lief (s. Taf. 12). An mehreren steilen Orten ist der Weg gemauert; er verschwindet hie und da unter dem Gletscher, um später wieder aufzutauchen; ihn zu verfolgen ist der steilen Gletscherwand wegen unmöglich. Der Gletscher ist demnach hier offenbar angeschwollen und der Weg dadurch so schwierig, ja sogar gefährlich geworden, daß in unserem Jahrhundert noch niemand ihn versucht hat. Nur

Hugi hat das Eismeer in dieser Richtung (von Lötsch nach Viesch) durchzogen, und schildert diese Reise als die beschwerlichste die er je gemacht. *)

Die Erscheinungen, auf welche die Annahme einer größeren früheren Ausdehnung der Gletscher sich stützt, sind hauptsächlich die alten, mehr oder minder weit vom jetzigen Gletscherende entfernten Moränen, und gewiß könnte Nichts so sicher als diese beweisen, daß die Gletscher früher den Boden einnahmen, der sie jetzt von ihnen trennt. Die Alpenthäler sind von solchen alten Moränen angefüllt, deren Entfernung vom Gletscher oft sehr bedeutend ist. Allein sehr schwer ist die Frage zu beantworten: Zu welcher Zeit sind sie abgesetzt worden? Wahrscheinlich sind die dem Gletscher zunächst gelegenen noch in historischen Zeiten angehäuft worden, und alle Gletscher, die während der letzten zwei Jahrhunderte sich vergrößert hatten, müssen solche Moränen bei ihrem Rückzuge hinterlassen haben, wie z. B. die neun Moränen des Rhonegletschers, deren vordere 1408 Fuß vom Gletscherende im J. 1826, nach Venetz's Messung entfernt war **); die Moränen des oberen Grindelwaldgletschers, dessen Schwankungen innerhalb zweier Jahrhunderte Gruner verzeichnet hat und die auch jetzt noch sehr merklich sind †);

*) Hugi, Alpenreise. S. 279.

**) Venetz l. c. p. 32.

†) „Nach mündlicher Ueberlieferung besteht diese Gletschermasse seit undenklichen Zeiten; allein die Thäler, welche sie jetzt erfüllt, waren früher Weiden; und man hat sichere Beweise, daß fruchtbares Land vom Eise überdeckt wurde.

die Moränen des Glacier des Bois, deren eine Tannen trägt, und die große Moräne des Brenvagletschers, welche in neuster Zeit größtentheils vom Gletscher wieder überdeckt worden ist. Nach Venetz begann der Brenvagletscher

Auf der Seite der Viescherhörner und des Eigers, mitten im Eis, sieht man einige Lerchenstämme, die seit mehreren Jahrhunderten vielleicht dort stehen; man weiß, daß dieses Holz in der Feuchtigkeit erhärtet, und die, welche zu diesen Stämmen hinaugestiegen, versichern, daß man auch mit dem schärfsten Messer kein Stück davon abschneiden könne. — Diese Bäume scheinen demnach seit langer Zeit im Eis zu stecken. — Die Archive des Landes berichten, daß im Jahre 1530 die außerordentliche Sonnenhitze das Eis so gänzlich schmolz, daß im Herbste die Felsen der Berge nackt waren; allein wenig Jahre genügten, die Eisdecke wieder herzustellen. Von da an bis zum Jahre 1660 berichtet man nichts von den Veränderungen des Gletschers, aber von diesem Jahre an nahm er ab bis 1686, und wahrscheinlich waren seine Veränderungen bis zum Ende des Jahrhunderts nicht sehr bedeutend. Im nächstfolgenden, besonders im Jahre 1707, nahm er stark zu, und bedeckte einen Theil der Alpen der Pfarrei, welche in den Registern eingeschrieben, aber jetzt von Eis bedeckt sind. Bis 1720 nahm er nach und nach zu und von da an wechselte Zunahme und Rückschritt. Im Jahre 1750 war er sehr klein und die Bewohner sagen, seit undenklichen Zeiten habe er nicht so bedeutend abgenommen. — Die jährliche Ab- und Zunahme sind deßhalb sehr ungleich und befolgen nicht einen regelmäßigen Cyclus von 7 Jahren, wie die Aelpler und selbst viele Gelehrte glauben." Gruner, histoire naturelle des glacières de le Suisse. Traduit par Mr. de Kéralio, p. 330.

im Jahre 1820 sich zurückzuziehen, nachdem er vorher eine Kapelle und einige Bäume umgeworfen hatte, deren Jahresringe für den einen 200, für den andern 220 Jahre ergaben, ein Beweis, daß seit mehr als 2 Jahrhunderten der Gletscher keine solche Ausdehnung erreicht hatte.

Können aber für die in größerer oder geringerer Entfernung vom Gletscher sich vorfindenden Moränen, über welche wir keine geschichtlichen Nachweisungen haben, ähnliche Verhältnisse angenommen werden? Man muß zugestehen, daß hier keine scharfe Grenze zwischen der geschichtlichen Zeit und früheren geologischen Epochen gezogen werden kann, und ich glaube selbst, daß man schwerlich je dazu gelangen werde, eine solche zu ziehen, da die Entfernung selbst nie als ein entscheidender Beweis für oder gegen das Alter einer Moräne angenommen werden kann. Noch heute ja gibt es viele Gletscher, welche in sehr bedeutenden Grenzen hin- und herschwanken, und beständig ihre Moränen versetzen. Es gehören daher noch andere Verhältnisse dazu, um die Schlüsse, welche man aus der wahren Entfernung einer Moräne vom jetzigen Gletscherende abnehmen könnte, zu begründen und eine beiläufige Bestimmung ihres Alters zuzulassen. Deßhalb scheinen mir alle von Venetz angeführten Thatsachen nicht gleich überzeugend. Bedenkt man aber, daß im Mittelalter die Gletscher im Allgemeinen eine weit geringere Ausdehnung hatten, und erst im 17. Jahrhundert die hohen Alpenpässe unzugänglich zu machen anfingen, so wird man die Bildung vieler Moränen in weiter Entfernung von den jetzigen Gletscherenden in eine Epoche setzen müssen, welche

den mythischen Zeiten angehört, wenn man sie nicht selbst in eine geologische Epoche, die der Erschaffung des Menschen voranging, setzen will; denn da sie eine ungemein große Ausdehnung der Gletscher voraussetzen, so würde man geschichtliche Dokumente hierüber besitzen, wenn eine solche Ausdehnung seit dem 17. Jahrhundert vorhanden gewesen wäre.

In der neuesten Zeit waren die Schwankungen der Gletscher sehr merklich. Venetz berichtet, im Jahre 1811 hätten sich die Gletscher bedeutend zurückgezogen, in den kalten Jahren 1815, 1816 und 1817 sei aber so viel Schnee auf den Hochkuppen gefallen, daß sie wieder bedeutend vorgerückt seien; er habe den Distelgletscher im Saasthale am Monte-Moro mehr als 50 Fuß in einem Jahre vorrücken sehen, und Zumstein *) sah etwa zur nämlichen Zeit den Lysgletscher im Lesathale 150 Toisen in 6 Jahren vorrücken.

Gerade jetzt sind alle Gletscher, welche ich beobachtet habe, namentlich die des Berner-Oberlandes, bedeutend im Vorrücken begriffen. Der Unteraargletscher ist seit 1811 etwa um eine Viertelstunde länger geworden; denn damals endete er nach G. Leuthold's Versicherung an der berühmten Krystallhöhle des Zinkenstocks. Die Grindelwaldgletscher wachsen bedeutend, der Rosenlauigletscher ebenfalls, und der Zermattgletscher nimmt linker Seits zu, während er auf der rechten Seite stehen geblieben ist. **)

---

*) v. Welden, der Monte-Rosa. S. 117.

**) Bei meinem diesjährigen Besuche dieser Gletscher war ich

Ueberblickt man alle angeführten Thatsachen, so muß man wohl eine gewisse Periodicität in diesen Schwankungen der Gletscher anerkennen; zu weit würde man aber gehen, wollte man, wie viele Schriftsteller auf Treu und Glauben der Aelpler gethan haben, annehmen, die Perioden seien regelmäßig, und die Gletscher nehmen während einer bestimmten Jahresreihe zu, und darauf durch eben so viel Jahre wieder ab; keine einzige positive Thatsache spricht für eine solche Annahme.

Merkwürdig ist es, daß einige Gletscher abnehmen, während andere in ihrer Nähe wachsen, wie denn in diesem Jahre, während der Unteraargletscher vorrückt, der Oberaargletscher sich bedeutend zurückzieht. Venetz hat eine geistreiche Erklärung dieser scheinbaren Anomalie gegeben, und sie von der Bodenneigung der Gletscher abhängig zu machen versucht. Er sagt: „Natürlicher Weise müssen Gletscher, welche mit großer Schnelligkeit in ein wärmeres Klima hinabsteigen, sich schneller ihres Uebermaßes von Eis entleeren, als solche, welche nur langsam zu Thal rücken. Die letzteren werden daher, da ihre Masse sich nicht so schnell vermindert, noch vorrücken, wenn schon die ersteren unter dem Einflusse mehrerer war-

über ihre Zunahme erstaunt. Der Unteraargletscher ist seit vorigem Jahre mehr als 50 Fuß in das Thal vorgeschritten, und seine Oberfläche am Abschwung 12—15 F. am Felsen hinaufgerückt; der obere Grindelwaldgletscher hat um mehr als 100 Fuß auf seiner rechten Seite zugenommen; der Gauligletscher ist ebenfalls vorgerückt und ebenso auch, wie es scheint, die Gletscher des Wallis.

men Jahre sich zurückgezogen haben, und da alle Gletscher auf verschieden geneigten Thalbetten ruhen, so müssen sie auch auf verschiedene Weise vor- und rückwärts gehen."

Die Schwankungen der Gletscher sind das Resultat zweier streitender Kräfte; der steten Vorwärtsbewegung dieser Eismassen einerseits, und der Zersetzung durch die atmosphärischen Einflüsse andrerseits, und da der Sommer die Zeit des Schaffens, der Winter die der Ruhe ist, so hängt das Resultat dieses Streites hauptsächlich von der jährlichen Temperatur der warmen Jahreszeit ab, und die Messungen ihrer Vermehrung sind daher nicht sowohl der wahre Ausdruck für den Raum, den ihre Massen in einer gegebenen Zeit zurückgelegt haben, als vielmehr das Maß des Uebergewichts der den Gletscher bauenden Naturkräfte über die zerstörenden.

Die angeführten Thatsachen über die Gletscher-Oscillationen sind von der höchsten Wichtigkeit für die allgemeine Physik unserer Erde, und namentlich für die Untersuchungen über den Wärmezustand unseres Planeten seit seiner Bildung bis auf unsere Zeit, und, was auch die Resultate anderweitiger, auf sonstige Verhältnisse gestützter Forschungen sein mögen, den Gletschern muß stets Rechnung getragen und eine bedeutende Beweiskraft in dieser Frage zugestanden werden.

Venetz schloß aus seinen Beobachtungen und den geschichtlichen Nachweisungen auf bedeutende Temperaturschwankungen, erklärte sich aber nicht, ob er diese Schwankungen für allgemein oder für lokal halte. Schon oben bei

der Gletscherbildung haben wir gesehen, wie sehr man sich hüten müsse, gewisse Erscheinungen Veränderungen in der mittleren Temperatur eines Orts zuzuschreiben, welche recht gut durch lokale, während einer Reihe von Jahren sich wiederholende Einflüsse erklärt werden können. Wollte man aus den Gletscherschwankungen auf bedeutende Veränderungen des Temperaturzustandes unserer Erde innerhalb der geschichtlichen Zeiten schließen, so hieße dies dem entgegen treten, was Arago aus seinen schönen Forschungen über die Erdwärme *) schloß, nämlich, daß die mittlere Temperatur des Erdkörpers keine merkbare Veränderung während den geschichtlichen Zeiten erlitten hat.

Wir müssen daher die häufigen, aber in ziemlich engen Grenzen stattfindenden Veränderungen der Gletscher lokalen Verhältnissen zuschreiben.

Wenn aber der allgemeine Temperaturzustand der Erde keine Veränderung erlitten hat, so müssen wir doch zugestehen, daß sehr bedeutende lokale Schwankungen der Temperatur zu wiederholten Malen an gewissen Orten sich eingestellt haben, und auch andere, nicht von den Gletschern abhängige Erscheinungen beweisen das Vorhandengewesensein solcher Schwankungen, wie die Entholzung des Nordens von Amerika und mehrerer Gegenden in Frankreich, welche Arago in seiner oben angeführten Denkschrift schon erwähnt hat. Die Ausdehnung der Gletscher hat noch bedeutendere Veränderungen in anderen Gegenden veranlaßt. Die Vereisung von Grönland im

*) Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1834.

15. Jahrhundert ist zu sicher constatirt, um an ihr zweifeln zu können, und es müssen daher, trotz der gleichmäßigen Erhaltung unserer Erdwärme im Allgemeinen, lokale Verhältnisse die Temperatur einzelner Gegenden bedeutend verändert haben, und daß auch nur lokale und nicht allgemeine Veränderungen des Wärmezustandes unserer Erde die Oscillationen der Gletscher hervorgebracht haben und noch hervorbringen, das wird durch den einfachen Umstand schon bewiesen, daß gerade zu der Zeit, wo die mittlere Temperatur Grönlands so bedeutend sank und seine Küsten sich vereisten, nämlich im 15. Jahrhundert, alle hohen Alpenpässe offen und die Gletscher auf ihre geringste Ausdehnung reducirt waren, während sie erst, wie oben angeführt, die Pässe im 17. Jahrhundert schwierig und im 18. fast gänzlich ungangbar machten.

So beweisen denn die Oscillationen der Gletscher innerhalb der geschichtlichen Zeiten nur den Einfluß lokaler Temperaturveränderungen. Ob auch für frühere geologische Epochen und für die Ausdehnung der Gletscher in vorgeschichtlichen Perioden solche lokale Veränderungen als hinreichend angesehen werden können, ist eine andere Frage, deren Lösung wir in einem folgenden Kapitel versuchen werden.

Siebzehntes Kapitel.

Die frühere Ausdehnung der Gletscher in den Alpen.

Die Erscheinungen, welche eine ungeheure Ausdehnung der Gletscher in vorgeschichtlichen Zeiten beweisen, eine Ausdehnung, welche alle Grenzen der Mythen und Sagen selbst übersteigt, sind ungemein zahlreich und mehr oder weniger in allen alpinischen Thälern anzutreffen, und ihr Studium wird selbst leicht, wenn man einmal daran gewöhnt ist, sie zu finden und ihre oft nur sehr schwachen Spuren zu berücksichtigen. Daß man so lange Zeit sie nicht beachtete und namentlich nicht mit den Gletschern in Beziehung brachte, mag wohl darin liegen, daß sie meist nur vereinzelt, mehr oder weniger entfernt von der Quelle ihres Ursprunges dem Beobachter vor die Augen treten. Des Naturforschers Aufgabe, scheinbar für sich bestehende isolirte Thatsachen zu einem großen Ganzen zu vereinigen, ist daher hier mehr als irgendwo zu berücksichtigen. Oft schon habe ich bei mir diese schwachen Spuren, die letzten Reste der mächtigen Einwirkung

welcher unser Erdkörper in einer gewissen Periode seines Daseins ausgesetzt war, mit den kaum sichtbaren Zeichnungen eines lithographischen Steines, welchen man zum Aufheben zubereitet hat, verglichen; nur wer die Sache kennt, versteht ihre Bedeutung zu entziffern und ihren Werth zu schützen.

Verschiedene Erscheinungen sind es, welche auf diese alte Ausdehnung der Gletscher schließen lassen, indem sie ihre Erzeuger überdauerten, und unvergänglicher als das Eis, noch heute Zeugniß von seiner früheren Gegenwart ablegen an Orten wo es längst verschwunden. Es sind dies:

1. Die alten Moränen. Durch Anordnung, Form und Zusammensetzung stets erkennbar, auch wenn sie nicht mehr die Seiten eines Gletschers umschließen oder sein Ende umgürten, sind sie eines der Hauptkennzeichen. Sie sind im 8. Kapitel hinlänglich beschrieben, als daß ich hier noch einmal auf die Art ihrer äußeren Erscheinung eingehen zu müssen glaubte; ich bemerke nur, daß einzig die Seiten- und Endmoränen die Grenzen eines Gletschers mit Gewißheit erkennen lassen, da sie leicht von den Trümmerhaufen und Geschiebsmassen der Alpenbäche unterschieden werden können. Die Seitenmoränen, den Thalwänden entlang gereiht, liegen meist außer dem Bereiche der Bäche im Thalgrund, werden aber meist von den Gewässern durchschnitten, welche von der Höhe herab sich über die Bergwände in das Thal stürzen, was oft ihre Erkennung äußerst schwierig macht.

2. Die aufgepflanzten Blöcke. Oefter stehen aus den Massen der Gletscher einzelne Felsspitzen hervor,

von allen Seiten von Eis umgeben, welches rund um sie her durch die Reflexion der Wärmestrahlen trichterförmig abschmilzt, ganz wie die den Thalwänden zugekehrten Gletscherseiten. Die Blöcke der Moränen, welche in diese trichterförmige Höhlung fallen, pflanzen sich auf dem Felsen auf und bleiben, wenn der Gletscher sich zurückzieht, oft in solchen Verhältnissen des Gleichgewichts darauf stehen, daß man unmöglich einen Wasserstrom als Ursache ihres Transportes annehmen könnte, wenn man auch nicht in vielen Gletschern täglich die Beobachtung des Herganges machte. Wenn solche Felsspitzen über den Gletscher hervorragen, wie auf Taf. 4 eine abgebildet ist, oder wenn selbst beträchtlichere Felsinseln aus seiner Masse auftauchen, wie das Gärtchen im Eismeere über dem Montanvert *), so bedecken sich ihre Seiten überall mit Moränenblöcken, welche wie ein Kranz um ihren Gipfel gelagert bleiben, sobald der Gletscher sich zurückzieht. Wasserströme können nichts Aehnliches hervorbringen, im Gegentheile, wenn ihr Lauf sich gegen einen vorstehenden Felsen bricht, so werden die Gerölle um diesen Felsen, da der Strom hier seine Kraft durch den Widerstand verdoppelt, herum geführt, und bilden hinter dem brechenden Felsen einen langen, linearen Zug aufgeschwemmten Geschiebes; nie aber setzt der Strom seine Gerölle an den

*) Saussure gab diesen Namen einem bedeutenden Felsen, welcher durch das Grün der Alpenpflanzen, die er trägt, auf das Angenehmste gegen die starre Natur des Eismeeres und der Felsen in seiner Umgebung absticht.

Seiten des brechenden Körpers oder gar an seiner Stirn ab und noch weniger pflanzt er sie so auf, daß die geringste Störung des Gleichgewichts den Block umstürzen würde.

3. Die Felsschliffe mit ihren Streifen, wie sie im 14. Kapitel beschrieben wurden. Auch sie sind unumstößliche Beweise für die Gegenwart der Gletscher, da weder Wasserströme noch Seewogen Wirkungen hervorbringen können, welche mit der Gletscherreibung Aehnlichkeit haben. Die Richtung der Streifen im Allgemeinen deutet die Bewegungslinie der Gletscher an, während die mehr oder weniger sich kreuzenden Streifen, wie oben schon auseinandergesetzt wurde, das Resultat lokaler Abweichungen von der allgemeinen Gletscherrichtung sind.

4. Die Karrenfelder, in dem französischen Theile des Wallis unter dem Namen lapiaz oder lapiz bekannt. Oft ist es nicht ganz leicht sie von den Auswaschungen der Bergbäche zu unterscheiden, da sie wie jene, durch Einwirkung des Wassers entstanden, nicht durch äußeren Charakter, sondern nur durch ihre Lage von ihnen abweichen. Die Auswaschungen nämlich finden sich stets in den Thaltiefen, nie aber über breite geneigte Flächen ausgedehnt, die Karren hingegen meist an den hohen Felswänden der Thäler, auf vorspringenden Kuppen und an Orten, wo bloße Wasserströme unmöglich solche Wirkungen hätten hervorbringen können.

5. Die Wasserlöcher, welche von den zwischen den Eiswänden des Gletschers eingeschlossenen Wasserfällen zuweilen im Boden ausgehöhlt werden, und sich, neben

den Karren, an Stellen finden, wo unmöglich ein einfacher Wasserfall von den Felswänden herab hätte hingelangen können.

Beschreiben wir etwas genauer diese verschiedenen Erscheinungen, welche den alten Gletschern eine so bedeutende Ausdehnung zumessen.

Die alten, in großer Entfernung von den heutigen Gletschern befindlichen Moränen sind nirgends deutlicher und häufiger als im Wallis, wo Venetz und Charpentier sie zuerst erwähnten. Da aber diese beiden vortrefflichen Beobachter ihre Untersuchungen hierüber noch nicht veröffentlicht haben, da namentlich sie es sind, welche sie mich kennen und unterscheiden gelehrt haben, so würde ich es für eine Aneignung fremden Verdienstes halten, wollte ich die Walliser Moränen speciell beschreiben. Je weiter entfernt von den jetzigen Gletschern, desto weniger bestimmt und erkennbar sind diese alten Moränen, da die mehrfach sie durchschneidenden Gewässer ihren Zusammenhang gestört haben, während die in der Nähe der Gletscher noch in ihrer Continuität erhalten sind. Eben so ziehen sie sich auch um so höher an den Thalwänden hin, je weiter sie von den Gletschern entfernt sind; aus dem sehr einfachen Grunde, weil der Gletscher, bei so großer Längenausdehnung, auch eine verhältnißmäßige Masse besaß und seine Ränder weiter an den Thalwänden hinaufreichten. Diese gürtelförmigen Endwälle zeigen eben so viele Haltpunkte an, wo der Gletscher bei seinem Rückzuge einige Zeit stationär blieb; Haltpunkte, welche er später nicht wieder erreichte. Es ist dieses in so fern

wichtig, als es nicht allein beweist, daß die Gletscher sich von einer früheren, ungeheuren Ausdehnung zurückgezogen haben, sondern auch, daß dieser Rückzug nicht plötzlich wie mit einem Schlage, sondern ganz auf dieselbe Weise wie es noch jetzt geschieht, langsam und allmählich mit vielen Schwankungen und öfteren Haltpunkten, die sich durch ihre Reste noch heute erkennen lassen, vor sich gegangen ist.

In den meisten Thälern der Hochalpen, wo Gletscher sich noch jetzt finden, und in vielen, wo sie heut zu Tage gänzlich verschwunden sind, finden sich solche alte Endmoränen, namentlich in allen Seitenthälern des Wallis z. B. im Saas-, St. Nikolas-, Turtmann-, Eringer-, Bagne-, Einfisch-, Entremont-, Trient-, Ferrex-, Lötschthale, im Val d'Illier u. s. w.

Einige von den hauptsächlichsten welche Venetz *) in seiner oben angeführten Denkschrift veröffentlicht, sind folgende:

1. Die Sennhütten von Giéta im Mont-Joiethale in Savoyen, stehen zwischen drei alten Moränen, welche der Trelatète-Gletscher, der im Jahre 1821 etwa 7000 Fuß davon entfernt war, dort zurückgelassen hat.

2. Der Gletscher von Salénaz im Ferrexthale im Wallis hat zu seiner Rechten eine ungeheure Moräne zurückgelassen, die, nach ungefährer Schätzung, etwa 8000 Fuß von seinem Ende entfernt ist. Das Dorf Plans des Fours, von schönen Weiden und Wäldern, die zum

*) Venetz l. c. S. 16.

Theil auf der Moräne wachsen, umgeben, steht auf dem alten Gletschergrund.

3. Der Roßbodengletscher auf dem Simplon hat mehrere alte Moränen, welche beweisen, daß der Gletscher früher da, wo jetzt der Walibach die Straße durchschneidet, mehr als 200 Fuß Dicke hatte. Das Dörfchen An-der-Eggen ist auf einer dieser Moränen erbaut, und die letzte derselben etwa 7000 Fuß vom Gletscher entfernt (s. die Taf. bei S. 26 von Venetz).

4. Der Sirwoltengletscher hat auf seiner linken Seite, unter dem alten Simplonhospize, drei Moränen zurückgelassen, welche jetzt eine gute Stunde vom Gletscher entfernt sind.

5. Zwischen der Sennhütte Lorenze am Rawylerweg, Gemeinde Ayent, und der ersten Scheuer von Rawyl, findet sich eine große, mit hohen Lerchenbäumen bewachsene Moräne, eine gute Wegstunde vom Gletscher entfernt.

6. Der Offeragletscher im Hermencethale hat große Moränen zurückgelassen; von der weitesten hat man eine halbe Stunde zum Gletscher.

7. Links vom Combalygletscher, über den Sennhütten der Aléva-Alp im Hermencethale, sieht man 2000 Fuß unter dem jetzigen Gletscher alte Moränen.

8. Die Dörfer Ried, Bodmen und Halten im Ober-Wallis, sind auf einer alten Moräne des Vieschergletschers erbaut, der jetzt mehr als 12000 Fuß davon entfernt ist.

Den hier angeführten, von Venetz gesammelten Thatsachen, kann ich mehrere, nicht minder beweisende,

zufügen, wie z. B. die Moränen, welche man bei Im Boden im Oberhasli, mehrere Stunden von den nächsten Gletschern entfernt, findet; die große Moräne von Kandersteg, dem Wirthshause gegenüber, mehr als eine Stunde vom Oeschinengletscher entfernt. In Form eines ungeheuren Halbmondes lehnt sie sich an den Firft an; von ihrem doppelten mittleren Kamme gehen mehrere concentrische Flügel aus, und ihr steiler Absturz, von welchem beständig Sand und Schlammbäche abströmen, ist heute gegen Kandersteg. Aus dem Vorhandensein dieser Moräne schließen wir, daß zu einer gewissen Zeit die ganze obere Hälfte des Thales bis zur Herberge hinab übergletschert, und der jetzige Gemmipaß von Eis überdeckt war. Ebenso findet sich eine große doppelte Endmoräne der Altels gegenüber, welche über dem Rinderhorn mit einer ungeheuren Felslawine dieses Berges verschmilzt. Die Moräne bei der Kapelle von Tines, eine halbe Stunde vom Glacier des Bois, war schon Saussuren als eine ungewöhnliche Erscheinung aufgefallen.

Die Spuren der Seitenmoränen sind weniger häufig, unbestimmter und schwerer zu verfolgen, da sie, in Folge der damals ungeheuren Mächtigkeit der Gletscher, meist so hoch an den steilen Thalwänden sich hinziehen, daß sie schwer erreichbar und namentlich der Beschaffenheit der Felswände wegen, nicht ihrer Länge nach verfolgbar sind. Oft auch sind die Thalfelsen so steil, daß nur hier und da ein einzelner Block an einem geeigneten Orte liegen bleiben konnte, während der übrige Theil der Moräne mit dem Einsinken des Gletschers diesem noth-

wendig nachrutschen mußte. Doch findet man mehrere sehr deutliche Parallelreihen, eine über der andern, an den Seiten des unteren Rhonethales zwischen Martinach und dem Genfersee, die sich bis 1000 und 1500 Fuß über den Rhonestand erheben, und namentlich zwischen St. Maurice und der Pissevache bei dem Weiler Chaux-fleurie leicht erreichbar sind. Ueber den Bädern von Lavey, so wie über dem Dorfe Monthey am Eingange des Val d'Illier sind sie ebenfalls sehr deutlich. An allen diesen Orten aber haben die Thalwände entweder terassenförmige Erhebungen oder eine nur sehr sanfte Neigung, worauf die Moränen haften konnten.

Die aufgepflanzten Blöcke erregen oft durch ihre kühne Stellung das Staunen des vorübergehenden Wanderers. Und in der That, wer solche Felsstücke oft auf den schmalsten Seiten ihres Umfanges, auf einer Spitze stehen sieht, in einer Stellung daß man glaubt mit geringer Anstrengung die ganze Masse umwerfen und von der Höhe hinabrollen zu können, dem drängt sich unwillkürlich die Frage auf: welche Kraft mag wohl diese Trümmer hierhergebracht und gerade in solchen kühnen Verhältnissen aufgepflanzt haben? Beim ersten Anblicke sieht man, daß nicht ein wildes Fortreißen und Strudeln, sondern eine ruhige, gleichmäßig abgewogene Kraft zur Hervorbringung solcher Wirkungen gehören mußte, und nur wenn man dieselbe Erscheinung täglich an unseren Gletschern sich wiederholen sieht, nur wenn man an kaum vom Gletscher verlassenen Orten solche Blöcke in den auffallendsten Stellungen, die zuweilen der Lehre

vom Gleichgewichte zu spotten scheinen, beobachtet hat, erst dann erkennt man aus ihren Wirkungen dieselbe Ursache, welche bis an die entferntesten Grenzen der Alpenthäler solche Zeugen ihrer Kraft gesetzt hat. Die schönsten Beispiele solcher aufgepflanzten Blöcke finden sich im Norden der Pissevache über Chaux-fleurie; über den Bädern von Lavey und bei dem Dorfe Morcles; im St. Nikolaus Thale im Oberwallis und an dem Kirchet im Hasli, wo sie einen Kranz um den Gipfel dieses Felsen bilden, der, wie es scheint, früher über die Eismassen inselartig hervorragte. Der Gipfel von St. Triphon zeigt einen ähnlichen Felsenkranz. Das so merkwürdige Phänomen der aufgepflanzten Blöcke, konnte dem beobachtenden Auge Saussure's nicht entgehen. Er erwähnt mehrere Beispiele davon auf dem Salève, und beschreibt ihre Lage folgendermaßen: „Man sieht auf dem Abhang einer geneigten Wiese zwei solche große Granitblöcke, welche beide zwei bis drei Fuß über der Oberfläche des Grases erhaben sind. Sie ruhen auf einer Kalkbase, welche mit den horizontalen Bänken des Bergs zusammenhängt, aber auf drei Seiten senkrecht abgestutzt ist, so daß ihre Fläche nicht größer ist als der Granitblock selbst, den sie trägt. *) Da aber der ganze Berg aus demselben Kalkstein besteht, so meint Saussure es wäre thöricht, wollte man annehmen, der Boden habe sich nur unter den Blöcken erhoben, und da er die Art nicht kannte, wie diese Blöcke heut zu Tage durch die Gletscher in ähn-

*) Saussure, Voyages. Bd. 1. S. 141. § 227.

licher Stellung abgesetzt werden, so versuchte er eine andere Auslegung. Er nimmt an, der Fels sei rund um den Block durch die Einwirkung der Gewässer und der Luft abgenagt worden, während der durch den Block geschützte Theil von dieser zerstörenden Einwirkung verschont geblieben sei. So sinnreich auch diese Erklärung erscheinen mag, so kann sie doch nicht mehr zugelassen werden, seitdem wir durch die schönen Untersuchungen Elie de Beaumonts wissen, daß die Atmosphäre bei weitem keinen solchen zuströmenden Einfluß auf die festanstehenden Gesteine auszuüben vermag. Saussure thut außerdem eines auf dem Passe von Tête noire gelegenen Blockes Erwähnung, „der so groß ist, daß man versucht ist zu glauben, er liege an der Stätte seiner Entstehung; er heißt Barme-rousse, weil er, unterhalb ausgehöhlt, mehr als 30 Menschen zum Zufluchtsort dienen könnte." *)

Die Felsenschliffe erstrecken sich meist bis in die unteren Theile der Alpenthäler hinab, weit von allen Gletschern entfernt, und die Seiten der Thäler sind meist bis in Höhen hinauf geschliffen, welche die Gletscher seit Menschengedenken nicht erreichten. Wenn über die Ursache, welche diesen Felsenschliffen zu Grunde liegt, kein Zweifel mehr walten kann, wenn bewiesen ist, daß die unter den Gletschern vorkommenden Felsschliffe wirklich dem Eise zugeschrieben werden müssen, so muß auch der Satz volle Gültigkeit haben: daß überall, wo polirte Felsen vorkommen, einmal Gletscher müssen existirt haben.

*) Saussure, Voyages. Bd. II. S. 92. § 703.

Meistens erstrecken sich die Grenzen der Felsschliffe nicht weiter, als die der alten Moränen, begreiflich, da beide Erscheinungen in so engem Zusammenhange stehen.

Die schönsten alten Felsschliffe der Alpen sind die, welche der Riffel, über dem Zermattgletscher im St. Nikolaus Thale gelegen, auf seiner ganzen Oberfläche trägt. Ihre Politur ist so vollkommen, und derjenigen der Felsen, auf welchen der Gletscher ruht, so durchaus ähnlich, daß mein Freund Studer, welcher mich begleitete, selbst die Richtigkeit der Thatsachen anerkennen mußte, welche er so lange bestritten hatte. Ich muß gestehen, ich bin stolz geworden, daß mir die Bekehrung eines Mannes gelungen, dessen Namen allein gewiß in den Augen Vieler eine mächtigere Stütze unserer Ansichten ist, als die sprechenden Thatsachen, welche man ihnen vorgelegt. Studer hat mit der Freimüthigkeit eines ächten Gelehrten, dem es mehr um die Wahrheit, als um die eigensinnige Behauptung begangener Irrthümer zu thun ist, selbst seine früheren Ansichten zurück genommen, und jene Felsschliffe in einem Briefe an die geologische Gesellschaft von Frankreich beschrieben. *) Desor hat dieselben Schliffflächen in dem Tagebuche unserer Reise in die Gletscher des Monte-Rosa und des Matterhorns **) geschildert, und ich brauche deßhalb meine Leser, welche sich für das Speciellere derselben interessiren, nur auf jene Darstellungen zu verweisen.

*) Bulletin de la soc. géolog. de la France. Février 1840.

**) Bibliothèque universelle de Genève. No. 53. Mai 1840.

An den Seiten und unterhalb des Rhonegletschers sieht man ebenfalls Felsschliffe, welche besonders in einiger Entfernung vom Gletscher, oberhalb Oberwald, wo Guyot sie zuerst bemerkte, sehr deutlich sind, und weiter unten im Thale, bis gegen Viesch hin, findet man sie überall wieder, wo die Felsart sie bewahren konnte; im Vieschthale selbst sind sie äußerst charakteristisch (s. Taf. 9). In den Umgebungen der Stadt Leuk findet man ebenfalls Spuren polirter Felsen, welche ohne Zweifel von der ehemaligen größeren Ausdehnung der Lötschgletscher herrühren. Weiter unten bemerkt man sie bei Martinach; aber die schönsten des ganzen Rhonethales finden sich nahe bei dem Wasserfalle Pissevache über dem Dorf Evionaz und bei Morcles, wo die Granitfelsen ganz jene Gestalten von Rundhöckern haben, welche oben beschrieben wurden.

Im Oberhasli sind die Felsschliffe außerordentlich deutlich; über und unter dem Unteraargletscher, wie auf seinen Seiten beginnen sie, setzen sich nach der Grimsel und durch das ganze Thal hinab bis nach Meyringen hin fort, und bekleiden nicht blos die Sohle, sondern auch die Wände des Thales bis zu einer sehr beträchtlichen Höhe. Am Abhange des Sidelhorns habe ich ihre höchste Grenze in einer Höhe von circa 8000 Fuß d. h. etwa 2500 Fuß über dem Thalboden gefunden; am Abschwung erheben sie sich noch zu einer weit bedeutenderen Höhe, und an allen erhabnen Kämmen, welche das Hasli einschließen, kann man sie mit dem Fernrohre in bedeutender Höhe entdecken. Die Helle-Platte an der Handeck und die zu-

gerundeten Kuppen des Thalgrundes über der Handeck, welche ich Taf. 15 u. 16 habe abbilden lassen, bieten jedoch die schönsten Beispiele geschliffener Flächen, welche ich kenne. *)

*) A. Mousson hat in seiner „geologischen Skizze der Umgebungen von Baden im Kanton Aargau" einige Zweifel gegen meine Ansicht der Entstehung der Felsschliffe erhoben, und namentlich der polirten Flächen des Hasli und der Ausspülungen am Sturze der Handeck Erwähnung gethan. Was seine Behauptung, daß die Karren nicht dem Eise der Gletscher, sondern dem Sommer und Winter (?) unter denselben fließenden Gewässern zuzuschreiben seien, so hat noch niemand das Gegentheil gesagt und noch niemand die Karren der direkten aushölenden Reibung der Gletscher zuzuschreiben versucht. Wenn aber Hr. Mousson ferner versichert, um die Oberfläche des Granits zu poliren, genüge der Einfluß der Wasser; wenn er als Beweis für diese Ansicht die Ausspülungen der Handeck anführt und daraus hernach schließt, alle Felsschliffe könnten mithin Gewässern zugeschrieben werden, so muß ich Hauptsatz wie Folgerungen unbedingt zurückweisen, und als aus unzulänglicher Beobachtung hervorgehend, erklären. Hr. Mousson unterscheidet offenbar durchaus nicht die Wasserpolitur der Gesteine von den Eisschliffen. Er unterscheidet nicht die matten, unebenen, löcherigen Ausspülungen, welche durch das Wasser zwischen den vorstehenden Ecken und Kanten der Felsen ausgehöhlt werden, und welche niemals gestreift sind, von den gleichmäßig ebenen, glänzenden, gestreiften Flächen der Eisschliffe mit ihren regelmäßig fortlaufenden Streifen und abgerundeten Felsenkämmen. Gerade die Handeck und die einige Minuten von ihr entfernte Helle-Platte, bieten in dieser Hinsicht die schönsten Gegensätze dar. Dort scharfe Felsecken,

Die Karrenfelder sind ebenfalls unwiderlegliche Beweise der früheren Existenz von Gletschern an den Orten

---

welche schon seit Jahrhunderten dem mächtigen Sturze einer ungeheuren Wassermasse widerstehen und noch nichts von der Schärfe ihrer Kanten verloren haben; dazwischen in den Vertiefungen matt polirte Löcher und Höhlen wie ausgeschürft; — hier ebene gleichmäßige Fläche mit horizontalen Streifen, hell und glänzend, nirgends eine vorspringende Kante, überall sanfte wellenförmig abgeschliffene Rundhöcker. Ich kenne nichts Ueberzeugenderes, als die vergleichende Untersuchung dieser beiden Lokalitäten mit den Schliffen unter einem Gletscher selbst, z. B. dem Unteraargletscher; aber man führe diese Untersuchnng auch genau und ohne in Vorurtheilen befangen zu sein, aus. Wenn nun Hr. Mousson ferner von den Streifen der Felsen des Hasli sagt: „sie erinnern weniger an die scharfen, gleich fortsetzenden Einschnitten eines ritzenden Körpers, als an die stumpfen, unbestimmt auslaufenden Schrammen, die ein mächtiger Felsblock fortgerissen und mit seinen Enden anstoßend, ziehen könnte. Man glaubt sogar die schwache nach oben convexe Krümmung jener Furchen zu erkennen, die von der gleichzeitigen Wälzung jener Blöcke herrührte," so sind das individuelle Ansichten und Meinungen, die man sehr leicht einer hypothetischen Ursache andichten kann, allein deren Nachweis sehr schwierig werden könnte. Wenn aber wirklich fortgerissene Blöcke Furchen ziehen, warum haben die Ausspülungen der Handeck, wo so viele und oft so große Steine durch den Strom hinabgestürzt werden, warum haben diese keine Furchen. Und wenn das Wasser so große polirende Kraft hat, als ihm Hr. Mousson zuschreibt, warum haben sich die Streifen an den senkrechten Felswänden des Hasli er=

wo sie sich finden; nur muß man sie gehörig von andern, den Bergbächen und Wasserstürzen angehörenden Ausspülungen zu unterscheiden wissen. Man findet zahlreiche Spuren von ihnen auf der Scheideck zwischen Meyringen und Grindelwald; die merkwürdigsten aber, welche ich in der Alpenkette kenne, trägt eine kleine isolirte Kuppe in der Nähe von Meyringen, das Kirchet genannt. Die steilen Wände dieser Kuppe sind so polirt von allen Seiten, daß ihre Ersteigung sehr schwer wird; doch gelang sie mir, und ich erstaunte nicht wenig, oben angelangt, den etwa 100 Fuß breiten Gipfel der Kuppe, den ein mächtiger Kranz aufgepflanzter Blöcke umgibt, überall von Karren durchfurcht zu sehen. Und die wässrigen Niederschläge der Atmosphäre sollten auf einem so kleinen Raume auch nur die mindeste Rinne haben aushöhlen können, und wirklich ausgehöhlt haben, während sie auf weiten Flächen, welche nicht, wie dieser Hügel, auch die übrigen Zeugen früherer Gletscherbildung trägt, keine Spur ihrer Einwirkung zurückgelassen hätten? Manche Geologen haben die Schwierigkeit gefühlt, die Existenz der Karren an solchen Orten aus der einfachen Einwirkung des Regen und Schneewassers zu erklären und ihre Zuflucht zu der Hypothese genommen, es sei Wasser, mit einer Säure geschwängert, welches die Karren an solchen Stellen ausgehöhlt habe. Ich begreife nicht, warum das gesäuerte Wasser gerade auf solche, oft sehr kleine und isolirte Orte

---

halten, die doch den Lauf des Gewässers, welches an ihnen herabrieselt, in rechtem Winkel durchschneiden?

vom Himmel herabgefallen sein soll und warum es nicht solch gesäuertes Karrenwasser auch in der Umgegend geregnet haben soll?

In der Nähe der Karren trifft man hie und da Löcher an, von alten Wasserfällen herrührend, welche ebenfalls dazu beitragen, die Existenz eines ehemaligen Gletschers zu beweisen. Denn meistens finden sie sich an Stellen, wohin kein von den Thalwänden herabstürzender Bach, sondern nur ein, von Eiswänden eingeschlossener Wasserfall gelangen konnte, und da solche Wasserfälle durch den Gletscher hinab, wie wir oben gesehen, ziemlich häufig und in ihren Wirkungen auf den Boden gewiß eben so mächtig sind, als die gewöhnlichen Wasserfälle, so mag es nicht als außerordentlich erscheinen, wenn man hie und da dergleichen Löcher antrifft. Charpentier hat deren mehrere bei Bex gefunden. Sie finden sich ebenfalls auf dem Salève, wo schon Saussure darauf aufmerksam gemacht hat. „Man sieht, sagt er, auf der Oberfläche des Felsen runde Aushöhlungen, welche mehrere Fuß im Durchmesser haben und zwei bis drei Fuß tief sind.“ Er schreibt sie der Einwirkung von einzelnen Strömungen im großen Strome zu, welche gegen diese Stellen gerichtet gewesen wären. *) Damit aber diese Erklärung zulässig sei, müßte man zuvor die Möglichkeit des Stromes selbst nachweisen.

Diese Löcher finden sich jedoch nicht ausschließlich an den erhabenen Stellen, sie kommen auch auf ebenen Flä-

*) Saussure, Voyages. Bd. 1. S. 139. § 222.

chen und in Vertiefungen, ja selbst in Flußbetten vor. So sieht man z. B. unter der ersten Aarbrücke, oberhalb der Handeck, eine große kreisförmige Bütte von 5 bis 6 Fuß Durchmesser, welche ihrer Lage zufolge, unmöglich von dem jetzigen Aarstrom eingegraben worden sein kann. Sind die Riesentöpfe in Schweden nicht vielleicht ähnliche Bildungen?

So mannichfaltige Ausflüge ich auch gemacht habe, um meine Kenntniß der erwähnten Erscheinungen so weit als möglich auszudehnen, so bilden dennoch meine Untersuchungen bei Weitem noch kein solches Netz über den Schweizerboden, daß ich sie als lückenlos hinstellen könnte. Ein Menschenleben wäre zu gering für eine ähnliche Arbeit. Um indeß zu zeigen, wie allgemein verbreitet alle diese Erscheinungen in den Gebieten der Alpen sind, will ich hier nur die hauptsächlichsten Schriftsteller anführen, welche schon früher uns mit diesen Phänomenen bekannt machten.

Die Findlingsblöcke, welche sich im Innern der Alpenthäler finden, sind fast für die ganze Ausdehnung der alpinischen Ketten bekannt. Saussure*) und Deluc**) beschrieben sie in den Savoyer Alpen, von Buch***)

*) De Saussure, Voyages dans les Alpes.

**) A. De Luc, Voyages géologiques, in den Abhandlungen der Genfer physikalischen Gesellschaft. Bd. 5.

***) L. v. Buch in den Abhandlungen der königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin. Berlin 1815. S. 161 ff.; und in Leonhard's Mineralogisches Taschenbuch für 1818. 2. Abthl. S. 458 ff.

und v. Charpentier *) in den Walliser Alpen, Studer **) im Berner-Oberland, Escher v. d. Linth ***) in der östlichen Alpenkette, de la Bèche †) im Tessin. Felsenschliffe fand Studer im Val-Anzasca, Val-Quarrazza und Val d'Aosta, Guyot im Tessin und Graubündten und Studer beschrieb die Karrenfelder an mehreren entfernten Stellen der Alpenketten. Karten, welche alle beobachteten Erscheinungen in ihrem Zusammenhange darstellten, würden sicher manches klarer vor die Augen bringen, als Beschreibungen es vermögen; allein die ungemeine Schwierigkeit der Entwerfung einer solchen Karte mag sie vor der Hand noch als einen frommen Wunsch erscheinen lassen.

Das gemeinschaftliche Vorkommen der oben beschriebenen Erscheinungen, welche alle noch heute durch dieselben Ursachen, die jetzigen Gletscher, täglich bedingt werden, spricht mehr als alles Andere für die Richtigkeit unserer Ansichten. In der That, wenn wir noch heute von den verschiedenartigsten Ursachen, welche durch ein großes Ganzes, den Gletscher, erzeugt werden, so durchaus unähnliche Wirkungen, wenn wir an denselben Orten Schliffe durch das Eis, Ritze und Streifen durch die

*) J. de Charpentier, Notice etc. in den Annales des Mines. Bd. 8.

**) B. Studer in Meissner's Naturwissenschaftlicher Anzeiger. 1820.

***) Escher v. d. Linth, Neue Alpina. Bd. 1. p. 1 ff.

†) H. de la Bèche, Handbuch der Geologie, übersetzt von Dechen.

Felstrümmer, Blockanhäufungen durch die Bewegung, Karren durch die untergletscherischen Bäche, und Wasserlöcher durch die Wasserfälle zwischen seinen Eiswänden in ihrer Entstehung beobachten können, und wenn wir dann alle diese Erscheinungen in anderen Gegenden vereinigt wiederfinden, wo die Ursache dieser Phänomene verschwunden ist, und nur die Denkmale ihrer Existenz hinterlassen hat; — sind wir dann nicht gezwungen, folgerecht zu schließen: auch hier sind Gletscher gewesen? Oder ist es vielleicht vernünftiger, hypothetische Ursachen sich zu erfinden, von denen man noch gar nicht hat erweisen können, daß sie wirklich solche Wirkungen hervorbringen konnten? Wenn ungeheure Schlammströme die Felsen poliren, fortgerissene Blöcke die Thalwände ritzen sollen, warum thun die Ströme und Gerölle unserer Zeiten nicht das Nämliche? Warum sollen die diluvianischen Felsblöcke so leicht gewesen sein, um auf einem 3000 F. tiefen Strome (denn so tief und noch tiefer müßte der diluvianische Strom im Oberhasli, in der Nähe der Grimsel gewesen sein) obenauf zu schwimmen, und die Thalwände zu streifen, statt auf dem Boden zu rollen? Haben sie etwa seitdem ihr specifisches Gewicht geändert? Und wenn solche furchtbare Ströme die Alpenthäler hinabrollten, warum ließen sie diese alten in Form von das Thal schließenden Halbmonden aufgerichteten Felsdämme, die wir als Endmoränen betrachteten, stehen, und rissen sie nicht weg? Warum stürzten sie die aufgepflanzten Blöcke nicht um? Oder wenn sie selbst diese Moränen anhäuften, diese Blöcke aufpflanzten, woher kam den di-

luvianischen Strömen die Eigenschaft, sich selbst Dämme aufzustauen und die Blöcke in solchen Stellungen aufzurichten? Wie gestalteten sich die Wasserfälle, welche die erwähnten Löcher aushöhlten, und wie kommt es, daß die Karren meistens auf den vorstehenden Kuppen sich finden, da, wo man sie am wenigsten suchen sollte? Alle diese Verhältnisse lassen sich nur durch die Annahme einer größern Ausdehnung der Gletscher in früheren Zeiten genügend erklären.

Wenn demnach die Gletscher die Alpenthäler bis zu ihren Ausmündungen und bis in bedeutende Höhen über dem Thalboden erfüllt haben, so mußten die Alpen zu jener Zeit ein ungeheures Eismeer bilden, aus welchem nur die höchsten Spitzen auftauchten. Dieses Eismeer schickte nach allen Seiten durch die großen Thäler jene alten ungeheuren Eisströme nach den schweizerischen und italienischen Ebenen hinab, so wie noch heute die Firnmeere der einzelnen Ketten ihre Ausläufer, welche aber die Ebenen nicht erreichen, durch die hohen Alpenthäler hinab senden.

Nur war der Unterschied, daß heute nur noch die Hochthäler vergletschert, die großen unteren Thäler aber frei sind, während damals alle Hochthäler mit in den Bereich des Firnmeeres gezogen, und nur die größeren niedern Thäler die Gletscherarme darstellten. *) In der

*) Die nordischen Gletscher scheinen nach Martins Beschreibung viele Aehnlichkeit mit den vor Alters in der Schweiz bestandenen zu haben, da sie ebenfalls mehr breite Firn-

That zeigt das Verhalten der Moränen, daß die großen Thäler der Alpen in ihren Ausgängen, das Rhonethal mit seinen schönen Seitenmoränen von Martigny bis zum Lemansee, das Aarthal von Meyringen bis zu den Seen von Brienz und Thun, das Reußthal am Vierwaldstättersee, das Rheinthal in seinem mittleren Theile bis zum Bodensee, das Jakobsthal und Veltlin von Chiavenna etwa bis zum Comersee, das Tessin und das Val Formazza bis zum Lago maggiore die Hauptrinnen bildeten, durch welche jenes alte ungeheure Firnmeer seine Arme aussandte; daß nur diese großen Arme die erwähnten Becken erreichten und ganz oder nur zum Theil ausfüllten, und daß alle Gletscher der Seitenthäler welche in die Hauptthäler einmünden, nur Zuflüsse der Hauptgletscher bildeten, und nicht vereinzelt für sich den Thalausgang erreichten. *) Begreiflicher Weise konnten demnach nur an den Ausgängen der großen Thäler Seitenmoränen entstehen, während die seitlichen Zuflüsse der großen Gletscher nur mehr oder weniger bedeutende Mittelmoränen bilden konnten, die sich auf dem Gletscher zerstreuten und nach und nach die Seiten- und Endmoränen erreichten, wie dies noch heut zu Tage bei den aus mehreren Zuflüssen zusammengesetzten Gletschern der Fall ist. Da indessen diese ungeheuren Gletscherarme bei ihrem Austritte in die

meere mit vereisten Ausgängen als ganze Gletscherarme darstellen.

*) Man nehme, um diesen topographischen Verhältnissen folgen zu können, die Kellersche Reisekarte, die einzig erträgliche Karte der Schweiz zur Hand.

schweizerische und lombardische Ebene sich fächerförmig ausbreiteten, wie dies noch jetzt alle aus einem verhältnißmäßig engen Thale in eine Ausweitung mündenden Gletscher thun, und dies die Mächtigkeit ihrer Endmoränen ungemein schwächte, da überdieß manche andere Verhältnisse die Erkenntniß dieser Endmoränen, wenn sie überhaupt in den großen Ebenen bestanden, ungemein beeinträchtigen, so ist es begreiflich, daß man erst da Endmoränen antrifft, wo diese Gletscher nur bis zur Thalöffnung reichen, und daß man ihre Ausdehnung in den Ebenen, welche übrigens durch viele, später zu erwähnende Erscheinungen bewiesen wird, nicht mehr genau bestimmen kann. Verfolgt man z. B. die zahlreichen Seitenmoränen der Ufer des Genfersees von Bex und Monthey bis nach Vevey, Lausanne und La Côte auf der einen und nach Thonon auf der andern Seite, so scheint es, daß der das Lemanbecken erfüllende Gletscher fächerförmig sich ausbreitend, bei Bougi etwa endete, aber keine eigentliche Endmoräne besaß, da die Blöcke, welche das Plateau von Gimel bedecken, nicht wie eine Moräne angehäuft, sondern überall, wie die Blockdecke eines breiten platten Gletschers, zerstreut sind. Sobald sich aber diese Riesengletscher in einengende Thalwände zurückgezogen hatten, welche ihre seitliche Ausbreitung beschränkten, also an der Mündung der großen Thäler angelangt waren, so erschienen auch Endmoränen, und je weiter sie sich durch die Thäler gegen das Herz der Alpen hin zurückzogen, desto mehr Seitenthäler wurden frei und desto mehr seitliche Gletscher, welche früher nur Zuflüsse des

großen Gletschers darstellten und deren Trümmerhaufen früher auf dem Riesengletscher nur Mittelmoränen gebildet hatten, bekamen ihre eigenen Endmoränen. Deßhalb trifft man nur in den Thälern der Alpen selbst deutliche Endmoränen an, in den Hauptthälern vom Ausgange an bis zu ihrem Anfange, in den Seitenthälern ebenfalls, aber erst an solchen Stellen, wo offenbar der Gletscher frei für sich endete, und nicht mehr in dem großen Gletscher einmündete, und so finden sich denn alte Moränen des Zermattgletschers bei Stalden, der Gletscher des Eringerthals bei Sitten und ähnliche an vielen andern Orten, die nur aus einer Zeit herstammen können, wo der große, das Wallis erfüllende Gletscher nicht weiter mehr, als Brieg reichte, während die letzte deutliche Endmoräne des Gletschers des Aarthales bei Meyringen am Thalausgange sich findet.

Unzweifelhaft ist es wohl, daß zu jener Zeit die Verstopfungen der Thäler durch aus den Seitenthälern hervordringende Gletscher häufige Ueberschwemmungen und Wasserfluthen, wie im Bagnethale 1811, verursachten, und daß Ueberschwemmungen solcher Art den Geröllmassen zum Theil zu Grunde liegen, welche, wie bekannt, in etwa gleichförmiger Erstreckung die Ausmündungen unserer großen Alpenthäler, wie des Rhonethales von Siders zum Genfersee, des Aarthales zwischen Meyringen und dem Brienzersee u. s. w. erfüllen.

Als endlich die Gletscher in noch engere Grenzen sich zurückzogen, und ihre Ausdehnung nur noch in den sekundären Thälern hin- und herschwankten, da bildete

sich jene Menge von Moränen, welche man überall in diesen Thälern antrifft, und welche, jünger als die der großen Hauptthäler, dem Zahne der Zeit besser widerstanden haben, und deshalb auch leichter noch jetzt zu erkennen sind. Wollte ich alle die, welche ich kenne, hier näher beschreiben, so müßte ich mehrere Druckbogen füllen. Ich halte dies dem allgemeinen Plane meines Werkes zuwider, und führe nur an, daß in den Seitenthälern von Chamouni und Wallis, im Kander und Conchesthale unzweifelhafte Beispiele dieser Art in Menge angetroffen werden, überzeugt, daß bald eine Zeit kommen wird, wo man den Umfang und die Lage dieser alten Moränen eben so genau kennen wird, als die eines jeden andern geologischen Terrains, und wo man sich wundern wird, wie man so lange sie verkennen konnte.

Das Chamounithal bietet eine auffallende Eigenthümlichkeit dar; als seine Gletscher noch eine weit größere Ausdehnung hatten, mündeten sie nicht, wie jetzt, alle durch das Thal der Arve, sondern ein Theil, und zwar namentlich die den jetzigen Gletschern von Argentière, Tour und des Bois entsprechende Partie, nahm mit den Gletschern von Trient und Tenneverge seinen Lauf gegen Montets und Valorsine, um über Finhaux und Salvent in das Rhonethal oberhalb der Pissevache sich zu ergießen. Die Richtung der Moränen des Glacier des Bois auf der Seite von Tines und Argentiere gegenüber und die der Streifen der Felsschliffe von Salvent, lassen über die Richtigkeit dieser Thatsache keinen Zweifel. Es mögen sich noch viele Beispiele dieser Art in den Alpen

finden lassen; auf dem Grimselpasse wenigstens deutet die Richtung der Streifen an den polirten Felsen des Sidelhornkammes und des Nägeli-Gräteli an, daß früher hier eine Gletscherbrücke bestand, welche die aus dem Rhone-, Furka-, Triften-Gletscher u. s. w. gebildete Eismasse des Rhonethales mit dem das Aarthal ausfüllenden Gletscher verband, und daß diese Gletscherbrücke eine von dem Rhonegletscher gegen das Aarthal hinabzielende Bewegung hatte.

Endlich zogen sich die Gletscher in die Hochregion der Alpen zurück, beschränkten sich auf die engen Grenzen, welche die Natur ihnen jetzt angewiesen zu haben scheint, und Tradition wie geschichtliche Dokumente machten fast überall ihre verhältnißmäßig geringen Oscillationen der wissenschaftlichen Forschung leichter zugänglich, wie wir es in einem früheren Kapitel gesehen.

Wenn man nun auch im Allgemeinen diese Reihe verschiedener Zustände der Gletscherausdehnung bestimmen, und ihre verhältnißmäßige Größe zu gewissen Epochen angeben kann, so wird dies doch bei Weitem schwieriger und sogar unmöglich, wenn man versucht die Ausdehnung eines einzelnen Gletschers zu einer bestimmten Epoche zu fixiren. Außer den schon oben angeführten Schwierigkeiten der Altersbestimmung der einzelnen Moränen, tritt noch der Umstand hinzu, daß nicht alle Gletscher die gleiche Ausdehnung in der nämlichen Epoche hatten, daß, wie dies noch heute geschieht, der eine vorrückte, während der andere sich zurückzog, daß man mithin unvermeidliche Fehler begehen müßte, wollte man die jetzigen Größenverhältnisse der einzelnen Gletscher als Basis an-

nehmen, von welcher man bei diesen Bestimmungen ausginge.

So verhielt sich der Rückzug in die Alpen, welchen die Gletscher antraten, als eine Veränderung der Verhältnisse unseres Erdkörpers sie zwang, aus den Ebenen sich zurückzuziehen. Wie weit sie in diesen Ebenen sich erstreckten, werden wir im nächsten Kapitel zu zeigen versuchen, wollen aber nicht verhehlen, daß dies eine der schwierigsten Aufgaben sei, die wir uns gestellt, da die Verhältnisse der unbeschränkt in den Ebenen sich ausbreitenden Eismassen ganz von der Art verschieden gewesen sein mußten wie unsere heutigen Gletscher in ihren Thalbetten sich verhalten.

Achtzehntes Kapitel.

Beweise für das frühere Vorhandensein großer Eisfelder außer dem Gebiete der Alpen.

Im vorhergehenden Kapitel haben wir die Erscheinungen beleuchtet, welche die frühere Existenz ungeheurer Gletscher in allen Alpenthälern beweisen; wir haben gezeigt, daß diese Riesengletscher durch die Hauptthäler bis in die schweizerischen und italienischen Ebenen hinab mündeten, und wir können so jetzt zu den Thatsachen übergehen, welche darthun, daß in noch früherer Zeit die Eismassen eine ungleich größere Ausdehnung hatten. Auch hier werden die in gewisser Weise auf der Bodenfläche zerstreuten Blöcke und die den alpinischen ähnlichen Felsschliffe, nebst einigen andern, weniger bezeichnenden Phänomenen unsere hauptsächlichsten Führer sein.

Mit Absicht vermied ich die Fündlingsblöcke, welche man in den schweizerischen Ebenen und dem Jura antrifft, mit den alten Moränen und den aufgepflanzten Blöcken der Alpenthäler als ein einziges Phänomen zu-

sammenzufassen, obgleich man auch die letzteren die Fündlingsblöcke der Alpenthäler genannt hat. In der That sind beide wohl zu unterscheiden; die Fündlingsblöcke der Alpenthäler, welche aus den Hochthälern durch ein mehr oder minder enggeschlossenes Bett herabgestiegen sind, reihen sich in lange Züge von verschiedener Höhe an die Thalwände, und bilden so an allen Terrassen wo sie sich erhalten konnten, zusammenhängende Parallellinien, welche an den beiden entgegenstehenden Thalwänden symmetrisch sich hinziehen *); während die Fündlingsblöcke außerhalb des Alpengebietes, in der großen Schweizer Ebene, am Fuße, auf dem Abhange und selbst in den inneren Thälern des Jura, in allen möglichen Höhen zerstreut sich finden.

Als man der erratischen Blöcke als eines einzigen Phänomens gedachte, welches vom Schooße der Alpen bis gegen den Jura hin sich erstreckte, hat man nicht genug den Unterschied ihrer Lagerung an diesen verschiedenen Orten, noch die bedeutende Verschiedenheit, zwischen den großen Blöcken, welche allein Fündlingsblöcke genannt werden sollten und den kleinen Steinen und Geröllen, welche meist unter den großen Blöcken angehäuft sind, hervorgehoben.

Es läge außer dem Plane dieses Werkes, wollte ich die Lagerungsverhältnisse der erratischen Blöcke, welche ich

*) Die aufgepflanzten Blöcke erscheinen zwar bisweilen isolirt, allein es hängt dieses von ihrer Ablagerungsweise ab; sie sind darum doch nicht mit den Fündlingsblöcken des Jura zu verwechseln.

in verschiedenen Gegenden der Schweiz beobachtet, beschreiben, und in der That kann ich in Hinsicht der Einzelheiten dieser Verhältnisse auf die zahlreichen Untersuchungen verweisen, welche in den im vorigen Kapitel angeführten Schriften verzeichnet sind. Ich werde daher hier nur die Grundzüge ihrer allgemeinen Anordnung, das Ausgezeichnete ihrer Lage, Form und Verhältnisse zu dem Boden, auf welchem sie ruhen, verzeichnen, und einige neue in der Schweiz von mir beobachtete Fakta hinzufügen. Ich kann mich um so mehr auf die mir genau bekannten Gegenden beschränken, als in dem „Handbuch der Geognosie von de la Beche, übersetzt von v. Dechen" eine vortreffliche Uebersicht alles dessen, was über diesen Gegenstand veröffentlicht worden, zu finden ist, und ich meine Ansicht nur durch Thatsachen begründen möchte, für deren Richtigkeit ich bürgen kann.

Das Großartige in der Erscheinung der erratischen Blöcke der Schweiz, ihre geologische Wichtigkeit und ihre Analogie mit ähnlichen Erscheinungen im Norden hat zuerst Leopold von Buch *) hervorgehoben. Zwar theilt er Saussure's Ansicht, daß diese Blöcke durch Fluthen an ihre jetzige Stelle gebracht worden seien; nicht desto weniger aber hat er, durch eine seltene Kenntniß aller Lokalitäten unterstützt, auf das speciellste den Weg bezeichnet, welchen die Blöcke verschiedenen Ursprunges bis zu ihrer Ankunft im Jura befolgt haben müssen. Die Schil-

*) Leopold von Buch in Leonhard's Taschenbuch für 1818, 2. Abth.

derung des Faktischen übertrifft an Genauigkeit Alles, was bisher über erratische Blöcke geschrieben worden, jedoch hebt er vielleicht zu sehr die mittlere Lage der Fündlingsblöcke des Jura hervor. Seine Erklärungsart des Transportes halte ich für durchaus falsch und werde weiter unten ihre Unzulänglichkeit nachweisen.

In der Ebene bietet die Anordnung der Blöcke im Allgemeinen keine besonderen Eigenthümlichkeiten dar; man findet sie unregelmäßig auf dem Boden zerstreut. Doch hat L. v. Buch die wichtige Beobachtung gemacht, daß in der Ebene von Moudon weit mehr Blöcke von Gneiß als von Granit angetroffen werden, und daß an den Ufern des Neuenburger Sees die Puddinge von Valorsine nur den niedersten Abhang einnehmen, und nicht, wie die Granite, zu den Gipfeln emporsteigen. Er bringt diese Thatsache in Beziehung zur absoluten Höhe, auf welcher diese Gesteine in der Kette des Montblanc, woher sie stammen, sich finden.

Auf dem Südabhange des Jura sind die Fündlingsblöcke in Bezirke oder Zonen abtheilt, welche den Ausmündungen der großen Alpenthäler entsprechen. Von Buch behauptet sogar, diese Zonen zeigten eine regelmäßige Krümmung, deren höchster Punkt genau der Richtung des stärksten Stoßes, welcher, nach seiner Ansicht, aus den Alpenthälern hervorbrach, gegenüberstehe, während die Schenkel des Bogens in der Richtung der Kette von Ost nach West sich hinabkrümmten, und er sieht hierin einen der stärksten Beweise für seine Stromtheorie. Allein diese gekrümmten Zonen kommen durchaus nicht allgemein vor;

die Blockanhäufungen entsprechen vielmehr den Terassen des Bodens in den verschiedenen Gegenden des Jura und nur manchmal nehmen diese, durch die geognostische Beschaffenheit des Jura bedingten Bodenabstufungen die Gestalt solcher gekrümmten Zonen an. Der Südabhang des Jura bietet mehrere solcher Bodenstufen dar, welche meist geologischen Horizonten entsprechen, aber deßhalb nicht überall dieselbe absolute Höhe erreichen. Die erste dieser Stufen zieht sich längs des Bieler- und Neuenburgersees hin, ist nur an wenig Orten in Form niedriger Hügelebenen ausgebildet, und gehört der Molassaformation an, wie die Plateau's von Bevaix, Grandson, Neuveville u. s. w. Die Kämme des Neocomien mit den blauen Mergeln in den Längsthälchen dahinter, bilden einen zweiten, scharf von der dritten Stufe geschiedenen Höhenzug. Diese dritte Stufe, das Portlandgestein mit seinen Mergeln, ist nicht immer so genau wie die des Neocomien abgegränzt, und verschmilzt oft mit der vierten, dem Coralrag, welche die höchsten Kämme und steilsten Abhänge des Gebirges bildet.

Auf allen diesen Bodenabstufungen findet man Blöcke. Die erhabensten bilden Felskränze um die höchsten Kuppen, ganz denen vom Kirchet und St. Triphon ähnlich, welche wir bei den aufgepflanzten Blöcken erwähnten, und erreichen meist eine Höhe von 3000 — 3300 Fuß; die höchsten Blöcke auf Chaumont liegen bei 3282 Fuß; die Abhänge der Kuppen zwischen 2400—3000 Fuß tragen gemeiniglich keine Blöcke, ohne Zweifel wegen der Steilheit ihrer Neigung; nur in dem breiten Einschnitt

von Provence oberhalb Grandson, steigen sie ununterbrochen bis auf 2300 Fuß Höhe herab. Dagegen findet man eine große Menge auf den verschiedenen Terrassen, welche das Portlandgestein darbietet, in allen Höhen zwischen 1900 — 2400 Fuß; auf dieser Stufe der Juragehänge finden sie sich selbst am zahlreichsten, und man verfolgt leicht ihre Anhäufungen vom Schloß von Neuveville über Fontaine=André, Pierre=a=Bot (der berühmte Block von 50,000 Kubikfuß Masse liegt bei 2177 Fuß), Troirods, Chatillon, Fresens, Mutruz bis zur Schlucht der Orbe. Auf dem Nordabhange des Chaumont findet sich ein großer Block bei 2772 Fuß, auf dem Nordabhange des Boudryberges ein ähnlicher bei 2592 Fuß Höhe. Auf den Kämmen und Abhängen des Neocomien, in einer Höhe von 1600 — 1800 Fuß, sind sie eben so häufig, als sie in dem kleinen Mergelthal, welches sich zwischen ihnen und dem Portland hinzieht, selten vorkommen. Endlich findet man sie mehr oder weniger auf den molassischen Ebenen in einer Höhe von 1500 — 1600 Fuß, und an den Abhängen derselben bis zu den Ufern des Sees, welcher 1342 Fuß über dem Meere liegt. *) Jedoch werden die Blöcke in den tiefer gelegenen Gegenden

---

*) Herrn Guyot, welcher die vielfachsten Höhenmessungen der hauptsächlichen Lagerungsstätten der Blöcke auf meine Bitte seit mehreren Jahren angestellt hat, verdanke ich die zahlreichen Details, welche keinen Zweifel mehr über das wahre Verhältniß der Anordnung dieser Blöcke lassen. Ich gebe hier nur die allgemeineren Resultate.

mit jedem Jahre seltener, da man sie zu Mühlsteinen und Weinbergsmauern verwendet.

Die besondere Lagerungsart, welche wir schon bei den aufgepflanzten Blöcken der Alpen beschrieben haben, ist auch den Fündlingsblöcken des Jura nicht fremd, im Gegentheil findet man sie sehr oft in den kühnsten Stellungen, welche kaum erklärlich scheinen, auf ihren Kanten und schmalen Seiten und meist auf den steilen Spitzen und Kämmen gelagert.

Ueber den Ursprung der Fündlingsblöcke können durchaus keine Zweifel mehr obwalten. Es geht aus den Untersuchungen von L. v. Buch, Escher von der Linth, Studer u. A. hervor, daß die Fündlingsblöcke des waadtländischen und neuenburgischen Jura von den Walliser Alpen und der Montblanckette, die des bernischen Jura vom Oberland, die des aargauischen und Züricher Gebietes aus den kleinen Kantonen stammen, und daß man nur selten und nur an der Grenze zweier Gebiete Mengungen der Gesteine aus den verschiedenen Alpenketten antrifft. Es beweist diese Thatsache, daß das Ereigniß, welches der Fortschaffung der Blöcke zum Grunde lag, in allen großen Alpenthälern, welche sich gegen die Ebenen der Schweiz und Italiens öffnen, wirksam war.

Die Größe und Gestalt der Fündlingsblöcke verdienen eine besondere Aufmerksamkeit. Sie haben meist scharfe Ecken und Kanten, zeigen fast keine Spur von Reibung oder Abnutzung und wiederholen im Allgemeinen die Gestalt der großen Granitblöcke, welche, in der Richtung ihrer Spalten und Schichtflächen abgelöst, noch jetzt täg-

lich von den Kämmen der Alpen trümmern. Wenn man zuweilen welche von zugerundeter Gestalt antrifft, so scheinen sie eher zerfallen und verwittert, als an ihren Rändern und Winkeln abgenutzt. Meist sind sie nicht nur eben so groß, sondern selbst noch größer, als die in den Alpenthälern und der Schweizer Ebene anzutreffenden Blöcke.

Wie aber sind diese erratischen Blöcke von den Alpen auf den Jura gekommen? Das ist von jeher eine der bestrittensten Fragen der Geologie gewesen. Jedenfalls muß eine ungeheure Kraft dabei wirksam gewesen sein, wie wir sie nirgends mehr heut zu Tage in der Natur erblicken. In Ermangelung anderer Auslegung wurden Hypothesen aufgestellt, unter welchen die Annahme größer Strömungen als Fortschaffungsmittel vorzugsweise gehegt wurde, und in der That scheint sie auch beim ersten Anblick am natürlichsten, da ihre Wirkungen die mächtigsten in der Jetztwelt sind. Nichtsdestoweniger werden wir bald sehen, daß diese Annahme ganz unzuläßig ist, indem sehr viele Phänomen der erratischen Blöcke dabei unerklärt bleiben. Auch sind die Anhänger dieser Theorie nichts weniger als einig über die Natur und den Ursprung dieser Strömungen.

De Saussure *), welcher zuerst die Stromtheorie aufbrachte, nimmt an, vor der Theilung der Felsen, zwischen welchen die Rhone bei dem Fort L'Ecluse hindurchströmt, hätte die Schweizer-Ebene einen großen See gebildet, dessen Durchbruch an jener Stelle die Alpenblöcke

*) Voyages dans les Alpes. Bd. 1. Cap. 6.

mit sich auf den Abhang des Jura gerissen hätte. Von Buch schon hat hierauf entgegnet, „ein solcher Strom hätte nie die Blöcke auf die Weise wie sie liegen, anordnen können“; die relative Höhe der Blöcke und die Anwesenheit des Valorsinegesteins an den Ufern des Neuenburger-Sees widerspricht auch durchaus der Annahme einer solchen Stromrichtung, und die Verschiedenheit zwischen den, den einzelnen Alpenthälern gegenüber liegenden Blockzonen, und namentlich zwischen den Fündlingsblöcken der östlichen und westlichen Schweiz schließt von vorn weg die Annahme eines einzigen Stromes, der die Blöcke fortgeschafft haben soll, aus.

L. v. Buch *) modificirte die Saussuresche Theorie dahin, daß er eben so viele Ströme annahm, als er große Thäler und diesen entsprechende Blockzonen sah. So unterscheidet er den Strom des Wallis von denen der Aar, Reuß und Limmat, und bringt so die Ströme mit der ihnen entsprechenden Vertheilung der Blöcke in Einklang. So folgerecht ist seine Theorie entwickelt, durch so viele Thatsachen unterstützt, daß man sie annehmen müßte, wenn sie nur in dem Bereich, nicht der Möglichkeit, sondern nur der Wahrscheinlichkeit gehörte; allein sie hat auch gar manche Fakta gegen sich und schließt so viele Räthsel ein, daß ihr ganzes, wenn auch noch so schön aufgeführtes Gebäude einer umsichtigen Untersuchung nicht Stand halten kann.

---

*) Leopold v. Buch in Leonhard's Taschenbuch f. 1818. 2. Abth. S. 438.

So z. B. um den Unterschied zwischen den Blöcken der Ebene und den auf der Höhe des Jura gelegenen zu erklären, behauptet L. von Buch die Wasserströme hätten sich mit einer so ungeheuren Geschwindigkeit von den Alpen her auf den Juradamm gestürzt, daß die Gesteine aus verschiedenen geologischen Horizonten und abweichenden Höhen in dem Strome selbst ihre respectiven Niveau's beibehalten hätten und so in Zonen abgelagert worden wären, welche den Höhen, worin man die Gesteine in der Alpenkette anstehend findet, entsprächen. So seien denn die tiefer anstehenden Valorsinegesteine in der Tiefe, am Rande des Sees und auf der weiten Ebene, die Granite der Hochgipfel auf den Kämmen des Jura abgelagert worden. Welcher Zusammenfluß verschiedenartiger Umstände wäre aber zu einer so wunderbaren Wirkung erforderlich gewesen? Die von der Spitze des Orneix stammenden Granite stehen 3000 Fuß höher an, als die höchste Gränze des Valorsinegesteines; der Strom müßte also in demselben Momente von einer Fläche von wenigstens 3000 Fuß Höhe und ungeheurer Breite mit völlig gleicher Geschwindigkeit losgebrochen und sein Stoß so ungeheuer schnell und stark gewesen sein, daß trotz aller Hindernisse die der Strom in seinem Laufe antreffen mußte, die Gesteine der verschieden geologischen Horizonte zwar fächerförmig nach den Seiten hin in einer horizontalen Ebene sich ausbreiten, aber nicht sich mit einander vermengen, nicht im Strome selbst sich senken konnten. Können doch die geschicktesten Kanoniere es mit ihren Geschützen nicht dahin bringen, auch nur auf eine verhältniß-

mäßig sehr geringe Strecke, mehreren, zu gleicher Zeit abgeschossenen Kugeln eine vollkommen parallele Richtung zu geben, und ein so bewegliches Ding wie ein Wasserstrom, soll mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von allen Punkten des Alpengebirgs hervorgestürzt, und seine Geschiebe, die Fündlingsblöcke, so vollkommen parallel fortgetrieben haben, daß sie, von einer 3000 Fuß hohen Basis abgeschossen, auf eine Entfernung von 300,000 Fuß und mehr, nur eine Convergenz von 1000 Fuß erhalten hätten? (Die Niveauverschiedenheit zwischen den Blöcken von Valorsine und denen von Orneix beträgt bei Neuenburg etwa 2000 Fuß.) Und nicht in der Luft, in einem tobenden Wasserstrome, der sich am Moleson und den Molassahügeln der Waadt brach, demnach Strudel bildete, in einem solchen Medium sollen die Blöcke in so gerader Linie fortgeschossen sein? — Und alle diese unglaublichen, physikalisch unmöglichen Dinge eines einfachen Verhältnisses wegen, welches sich aus unserer Ansicht ganz von selbst ergibt!

Eine andere Thatsache, welche sich mit der Annahme eines Stromes nicht vereinigen läßt, ist das Vorkommen der Fündlingsblöcke in den inneren Thälern der Jurakette welche sich nicht unmittelbar in die schweizerische Ebene öffnen. Von Buch hatte nur vorübergehend die Blöcke im Val de Travers erwähnt und behauptet, sie seien über die Kette des Creux du vent hinübergeflogen, indem der Strom stark genug gewesen sei, um sie über die südlichsten Kämme des Jura hinüberzuschleudern. Im Jahre 1835 gab ich in der société géologique zu Paris mehrere,

von mir beobachtete Lagerungsstätten in Binnenthälern des Jura an *), und zog daraus den Schluß, die Theorie der Ströme sei ungenügend zur Erklärung der Thatsachen. Man begleitete im Bülletin die kurze Notiz mit der Bemerkung, „da meine Ansichten über die Lagerungsverhältnisse der Blöcke in Binnenthälern (es waren beobachtete Fakta!) mit der allgemein angenommenen Theorie der Ströme unvereinbar seien, so müsse man sie als unbegründet zurückweisen.“ Und doch hatte sie Deluc, der ältere, schon mit folgenden Worten beschrieben: „Auf dem Wege von Motiers-Travers nach Fleurier trifft man eine solche Menge von Urgesteinen an, daß man sich in einem Thale der Hochalpen glaubt. Und dennoch ist man 5 Stunden von der Mündung des Thales gegen den See zu entfernt, und das Thal selbst ist, nahe seiner Mündung, durch zwei Engpässe, la Clusette u. les Oeillons genannt, fast völlig geschlossen. Oberhalb Motiers-Travers gegen Süden findet sich unter dem Gute Pierrenoud eine Vertiefung, auf deren Seiten man eine Menge von Graniten gelagert findet.“ **) Er sagt weiter: „Das Creux du Vent (Windloch) auf dem rechten Ufer der Reuse bildet, in seinem oberen Theile, einen Halbkreis von etwa 1¾ Stunden Durchmesser; seine Felswände erheben sich etwa 500 Fuß über den Grund der Aushöhlung.

*) Bulletin de la société géologique de France. Bd. 7. p. 80.

**) J. A. de Luc, Voyages géologiques dans quelques parties de la France, de la Suisse et d'Allemagne. Londres 1813. Bd. 1.

Der Berg, worin es sich findet, bildet ein Vorgebirg; in einer gewissen Höhe dieses Vorgebirges, Noiraigue gegenüber, sieht man die auffallendsten Granitblöcke; ihre Größe und Menge erinnert fast an die Senndörfer der Berge; sie liegen so nahe bei einander, daß nur schmale Graspfade sich zwischen ihnen durchwinden. Einer von diesen Blöcken hatte wenigstens 25 Fuß Länge auf 10—15 Fuß Breite und Höhe, den Theil, der in die Erde stak, ungemessen; die übrigen maßen 10—15 Fuß in allen Dimensionen."

„Das Thal von La Sagne liegt nördlich vom Val de Travers und westlich vom Val de Ruz. Am Cret de la Sagne und am Pont-Martel im Südwesten findet man Granite in größerer Menge."

Nahe bei Dazenet zwischen Lachauxdefonds und dem Doubs fand Deluc eine Menge von Urgesteinen. Man nennt sie dort Grisons und verbraucht die größeren, welche auf der gegen den Doubs hin abfallenden Seite des Gebirges (also auf dem nördlichen Abhange) sich finden, zu Mühlsteinen. Bei Pontarlier und Ornans sah Deluc ebenfalls Blöcke.

Das St. Immerthal ist seiner Ansicht nach ein wahres Magazin von Urgesteinen, obgleich es gegen die Alpenkette hin geschlossen ist. Selbst die zwischen diesem Thal und dem Bette des Doubs sich hinziehenden Kämme sind mit Blöcken und kleineren Stücken derselben Gesteine übersäet. Bei Pierre-Pertuis besteht der ganze Boden aus Stücken von Urgesteinen, mit Kalksteinen vermengt,

und unter den Granitblöcken fand Deluc dort einen schönen Block von Serpentin.

Bewohner dieser Gegenden, die ich nach allen Richtungen durchzogen habe, könnte ich eine weit größere Anzahl von Blöcken in den Binnenthälern des Jura aufführen, und ihre oft sehr ausgezeichneten Lagerungsverhältnisse, wie bei Pertuis, im Norden des Val de Ruz, nördlich vom Mont-Aubert u. s. w. beschreiben, aber ich habe vorgezogen, einfach die Beobachtungen der Genfer Geologen hier wiederzugeben, um nicht, wie schon das erstemal als ich diese Verhältnisse erwähnte, geschehen ist, der Ungenauigkeit beschuldigt zu werden. Zudem gewinnen solche ältere Beobachtungen mit jedem Tage an Wichtigkeit, da die stets fortschreitende Kultur unserer Gegenden und die Anwendung der Blöcke zu Mauern und Mühlsteinen, ihre Zahl immer mehr und mehr vermindert.

Wie soll man sich nun, im Angesicht solcher Thatsachen, einen Strom vorstellen, der, so ungeheure Blöcke mit sich wälzend, die hohen Kämme des Jura überfluthet und die Blöcke ebensogut auf den Nordabhängen des Gebirges, über welche er in das Thal hinunterstürzen mußte, abgesetzt hätte, als auf den südlichen Abhängen, wider welche er anprallte?

Die Form und Größe der Fündlingsblöcke des Jura ist eine zweite Thatsache, welche der Fortschaffung durch Ströme durchaus widerspricht. Wie sollen in der That diese Blöcke von den Alpen bis zum Jura fortgerissen worden sein, ohne sich zu reiben und abzunutzen? Warum

finden sich selbst die größten Blöcke in bedeutenden Höhen und wie kommt es, daß sie nicht im Verhältniß ihrer Größe und ihres Gewichtes, während des Weges sich gesenkt haben?

Man hat freilich geantwortet, der Strom sei so übermächtg und seine Geschwindigkeit so ungeheuer gewesen, daß die Steine nicht darin hätten sich senken, noch weniger den Boden berühren, am allerwenigsten aber hätten rollen können. Man häuft hier Räthsel auf Räthsel. Wo hatte denn der Strom die fürchterliche Gewalt her? Und wenn diese Gewalt wirklich so groß war, warum hat nicht jeder Block ein Loch in die Jurafelsen gewühlt? Warum sieht der Jura nicht aus, wie ein durchlöcherter Schwamm, oder eine von Kanonenkugeln durchbohrte Festungsmauer? Und wenn die großen Blöcke mit solcher Gewalt bis an den Jura gerissen wurden, warum sprangen die kleinen Gerölle nicht über die Ketten hinaus und füllten die Längsthäler des Gebirges aus, statt in der großen Schweizer Ebene liegen zu bleiben? Man sollte fast denken, der Strom habe für jeden einzelnen Stein eine seiner Masse angemessene Stoßkraft in Bereitschaft gehabt!

Drittens ist bei Annahme der Stromtheorie die Stellung der Blöcke eine unbegreifliche Thatsache. Nur eine gleichmäßig abgemessene Kraft, die sich langsam erhebt und langsam zurückzieht, konnte so viele dieser Blöcke auf ihre Spitzen, ihre schmalen Seiten aufrichten, sie auf erhöhte Stellen aufpflanzen, von welchen sie bei einigermaßen starker Erschütterung herabgestürzt sein würden oder auf Abhängen abladen, deren Neigung kaum ihr Liegen-

bleiben erlaubt. Und ein Strom hätte sie so absetzen können! Prallt denn der Strom, nicht an den Hindernissen wieder, die sich ihm entgegen stellen? Die Wellen der heutigen Gewässer brechen sich, bilden Strudel und Brandungen, reißen alles Bewegliche nieder, wo sie an steilen Ufern mit Heftigkeit anprallen, und führen es weg. Das alles war anders bei dem Strome, der die Fündlingsblöcke brachte! Er hatte die Bestimmung, die Blöcke zum Jura zu führen, und dort in den kühnsteu Stellungen abzulagern. Warlich, mit großer Geschicklichkeit entledigte er sich seines Auftrages! Mit ungeheurer Geschwindigkeit kam er an; aber in dem Momente, wo die Blöcke den jurassischen Boden berührten, beruhigte er seine aufgeregten Wellen; kein Rückstoß, kein Strudel fand statt; die Blöcke blieben stehen in der Stellung, wie sie gekommen waren, ohne selbst zu schwanken und mit sanftem Gekräusel, wie das Gemüth des Gerechten nach vollbrachtem Tagewerke, zog sich der Strom zurück, wohin? — sagt man nicht.

Zudem hätten übrigens solche große, gleichmäßige Ströme im Rhone-, Aar-, Reuß- und Limmatthal, nachdem sie den Jura erreicht, nach West oder Ost abfließen und die Blöcke am Fuße des Jura sowohl wie in der Ebene in Längslinien absetzen müssen, anstatt sie in einzelne Bezirke abzutheilen. Zwar sagt von Buch „die Blöcke eines jeden Stromes erreichten ihre größte Höhe dem Thale gegenüber, aus welchem sie hervorgestürzt, und jede Zone fiele bogenförmig nach beiden Seiten hin von diesem Gipfelpunkte ab;“ allein, wie wir

oben bemerkt haben, ist dieß für die Walliser Zone wenigstens durchaus nicht nachgewiesen, wenn gleich von Buch gerade für diese jene Anordnung besonders anspricht.

Ich will den Anhängern der Stromtheorie die Frage nicht stellen, woher denn das Wasser gekommen sei, welches sie in solchem Uebermaß über die Schweiz ausgießen. Würden die beobachteten Thatsachen seine Existenz beweisen, man müßte es annehmen, selbst wenn man seinen Ursprung nicht kennte. Aber fragen darf man, wo die Reservoirs sollen gelegen haben, aus denen die Ströme mit einer solchen Geschwindigkeit und Kraft hervorgebrochen sind, daß sie die von allen Kämmen und Spitzen losgerissenen Felsstücke durch alle Thäler hindurch gegen den Jura geführt hätten?

Mag man nun heut zu Tage dies Ereigniß mit der Erhebung der Alpen selbst in Beziehung bringen, statt Wasserströmen Schlamm- und Schuttströme, den beim Bergfalle der Dent du Midi erzeugten ähnlich, annehmen, mag man sie vom Schmelzen und Einstürzen der Gletscher herleiten; immer kommen diese Modifikationen auf die Annahme von Strömen heraus, welche, mochten sie angekommen sein mit welcher Geschwindigkeit sie wollten, nach ihrem Anprallen nach West oder Ost hin, sich aus dem Becken der Schweiz entleeren mußten. Wenn nur ihr flüssiger Theil sich entleert haben soll, warum sind unsere Seen nicht erfüllt geblieben? Oder wenn nur die geringeren Gerölle bei dem Rückzuge der Ströme fortgeführt wurden, die größern Blöcke aber liegen

blieben, warum hat sich die Unterlage von feinem Sand und Gerölle, worauf noch sehr viele der großen Blöcke ruhen, erhalten? Und wie endlich soll die eckige Form, eine so charakteristische Eigenschaft der Fündlingsblöcke mit diesen Strömen vereinbar sein.

Auf die Erfahrung gestützt, daß die schwimmenden Eisberge der Polarmeere oft bedeutend große Felsstücke schwimmend erhalten und so nach andern Ufern hin fortschaffen, wovon er mehrere Beispiele anführt, versuchte Lyell *) den Transport der Fündlingsblöcke durch solche Eisflösse zu erklären, welche von Wasserströmen bewegt, sie fortgeschafft hätten. Allein sowohl die Vertheilung der Blöcke nach verschiedenen Zonen als die weite Ausdehnung der Schliffflächen, wie endlich die Unterlage von Geröll und Sand unter den Blöcken, widersprechen durchaus der Möglichkeit einer solchen Erklärung.

J. H. Deluc **) der Aeltere nahm gewaltige, durch die Einsenkung der Schichten in die Thäler bedingte Explosionen von Gas an, welche die Blöcke entweder von den Alpen her durch die Luft an den südlichen Juraabhang geschleudert oder die Blöcke in den Binnenthälern durch die Schichten des Jura hindurch an die Oberfläche gestoßen hätten. Das Studium der Erhebungen der Ge-

*) Philosophical Transactions 1835. Eine französische Uebersetzung dieser Abhandlung von L. Coulon, findet sich in den Mémoires de la société d'histoire naturelle de Neuchatel. Bd. 1.

**) Voyages géologiques. Londres 1813. Bd. 1.

birge hat aber diese Theorie ganz unhaltbar gemacht. Saussure *) hatte ebenfalls schon sehr treffend Delucs Ansicht über die Eruption der Binnenblöcke mit der Aeußerung „die Naturforscher wissen gar wohl, daß die Granite weder wie Trüffeln in der Erde, noch wie Tannen auf den Kalkfelsen wachsen" zurückgewiesen, während er über das Fliegen durch die Luft sagt „Massen von einem solchen Gewichte, von dem Schoße der Alpen, also einem so erhabenen Wurfzeuge auf so weite Entfernung geschleudert, hätten die Felsen zertrümmert und tiefe Löcher sich eingebohrt; während sie auf der Oberfläche der Felsen, und oft nur mit wenigen Punkten aufruhen; — der Fall dieser Blöcke, nur aus einer Höhe von 8—10 Fuß, hätte in einem Kalkgesteine, welches gar nicht zu den härtesten gehört, bedeutende Aushöhlungen verursacht." Nicht minder siegreich bekämpft von Buch **) die Deluc'sche Ansicht durch anderweitige, aus der Fortschaffungsrichtung und den jetzigen Höhenzügen der Blöcke gezogene Folgerungen.

Andere Naturforscher, unter andern Dolomieu und Ebel, meinten, die Fündlingsblöcke müßten auf einer schiefen Fläche von den Alpen bis auf den Jura fortgeschafft worden sein, große Umwälzungen hätten später durch Wegführung dieses Bodens das große Thal der

*) Voyages dans les Alpes. Bd. 1. S. 136 § 219 u. S. 142 § 227.

**) Ueber die Ursache der Verbreitung großer Alpengeschiebe. Leonhard's Mineralog. Taschenbuch für 1818. S. 463.

Schweiz eingegraben, die Blöcke aber seien an der Stelle wo man sie gegenwärtig bemerkt, liegen geblieben. Diese Theorie widerlegt sich von selbst durch den Umstand, daß der Transport der Fündlingsblöcke das letzte der großen geologischen Ereignisse ist, welches sich auf der Oberfläche unseres Schweizerbodens zugetragen hat. Wir wissen überdies daß unsere Seen schon zur Zeit dieses Transportes existirten.

Diese Betrachtungen werden hinreichen, um selbst die Hartnäckigsten, von der Unzulänglichkeit der sämmtlichen Theorien, die wir hier durchgegangen haben, zu überzeugen. Besonders aber glaube ich dargethan zu haben, daß die Annahme von Strömungen, so groß man sie sich auch denken möge, nicht gegründeter ist, als die andern Hypothesen, indem sie mit den wichtigsten Fakta im Widerstreite steht. Es bleibt uns daher zu untersuchen, ob es nicht in dem Phänomen der Fündlingsblöcke Thatsachen giebt, welche auf einen langsamen ruhigen Transport derselben, etwa dem Fortrücken unserer beutigen Alpengletscher analog, schließen lassen.

Wie wir gesehen haben, ruhen die Fündlingsblöcke am Jura gewöhnlich auf geschliffenen Felsen, jedoch nicht unmittelbar, sondern meist auf einem Geröllbette. Ueberall wo die Gerölle nicht später weggeschwemmt oder sonst auf eine Art hinweggeschafft wurden, findet man unter den großen eckigen Blöcken eine, mehrere Zolle bis mehrere Fuß dicke Unterlage von kleineren abgerundeten Geröllen und Kieseln, welche meist sehr vollkommen zugerundet, polirt und so aufeinander gehäuft sind, daß die größeren

oben liegen, während die kleineren, oft nur Grand und selbst sehr feiner Sand, unmittelbar den geschliffenen Felsflächen aufliegen. Diese constante Anordnung ist mit der Ansicht einer Anschwemmung durch Wasser durchaus unvereinbar; denn in diesem Falle wäre die Anordnung durchaus umgekehrt, die größeren Gerölle lägen unten, der feine Sand oben auf. Die Anwesenheit dieses feinen Sandes beweist überdem, daß seit der Ankunft der erratischen Blöcke am Jura, dieses Gebirge von keiner wichtigen Katastrophe betroffen worden, und daß namentlich die geschliffenen Flächen seither keine Verschiebung erlitten haben. Da aber diese Schliffflächen großen Theils die Ufer des Neuenburger- und Bielersees bilden, so beweisen sie für diese, wie die Fortsetzung der Moränen längs der Ufer für den Genfersee, daß alle diese Becken schon zu der Zeit bestanden, als die Blöcke zum Jura gebracht wurden.

Unabhängig von dieser, aus Geröll und Sand bestehenden Unterlage der Fündlingsblöcke, beobachtet man noch an mehreren Stellen der Juragehänge eigenthümliche geschichtete Ablagerungen, welche zwar offenbar zu dem Transporte der Blöcke in Beziehung stehen, allein ihre jetzige Anordnung ganz besonderen Verhältnissen verdanken. Diese geschichteten Ablagerungen bestehen aus Geröll, Grand, Sand, selbst Lehm, kurz aus denselben Materialien, wie die Unterlage der Blöcke; ihre Schichtung ist unregelmäßig, verschiedenartig geneigt und unterbrochen. Ihre Lage wechselt eben so sehr wie ihre innere Anordnung; doch finden sie sich meist am Rande

der Terrassen und an den niederern Stellen des festen Bodens. Das schönste Beispiel einer solchen geschichteten Ablagerung findet sich oberhalb Neuchatel (au Plan), an der Stelle wo die neue und alte Straße nach dem Gebirge sich trennen. Offenbar haben sich diese Ablagerungen ebenso gebildet, wie sie noch heute an manchen Gletschern entstehen, nämlich in kleinen Seen am Rande des Eises.

Der überzeugendste Beweis indeß, daß die Fortschaffung der erratischen Blöcke durch Eis und durch kein anderes Bewegungsmittel geschah, ist das Vorhandensein von Felsschliffen am Jura. Die französischen Bewohner des Jura nennen diese Schliffflächen laves, indem sie sie ohne Zweifel dem Wasser zuschrieben. Ich entdeckte sie zuerst im Jahre 1836 und habe sie seitdem in der ganzen Länge des Jura auf seinem Südabhange, von dem Fort l'Ecluse an bis in die Umgegend von Aarau beobachtet.

Diese Felsschliffe bilden gleichförmige zusammenhängende Flächen, welche durchaus weder von der Schichtung noch dem Streichen der jurassischen Kette abhängen; sie erstrecken sich über die ganze Bodenfläche, allen Unebenheiten folgend, breiten sich gleichmäßig über den Neocomien, wie die übrigen jurassischen Felsarten aus, und dringen in die Thäler wie auf die vereinzelten Kuppen. Frisch aufgedeckt und von der Dammerde und dem Sande entblößt, welche sie gewöhnlich bedecken, bieten sie glatte Spiegelflächen dar, welche bald vollkommen eben, bald mehr oder weniger wellenförmig, oft selbst von mehr oder weniger tiefen gewundenen Rinnen durchfurcht, oder von zugerundeten länglichen Höckern durchkreuzt sind. Nie

aber folgen diese Rinnen und Höcker der Richtung des Bergabhanges, sondern laufen mehr schief oder selbst horizontal, so daß jeder Gedanke an Entstehung durch Erosion von Regen oder Schneewasser gänzlich ausgeschlossen bleibt. Selbst wenn die polirte Fläche über Felsen von verschiedener Härte sich hinzieht, wie z. B. über die Breccien des Portlandgesteines, behält sie ihre Gleichförmigkeit bei; die Fossile, welche sich auf der Oberfläche einer solchen polirten Felsplatte finden, sind durchschnitten und geschliffen, wie in einer durch Künstlerhand polirten Marmorplatte (s. Taf. 18 Fig. 5 den Durchschnitt einer Nerinea.)

Sind diese geschliffenen Flächen wohl erhalten, so bemerkt man auf ihnen feine, gerade, zusammenhängende Streifen, ganz den Ritzen ähnlich, welche ein Diamant auf Glas kratzt. Meist folgen diese Streifen der Richtung der Rinnen, doch kreuzen sie sich oft auf die mannichfaltigste Weise.

In den Vertiefungen und Eindrücken des Bodens wie au Plan, weicht die Richtung der Streifen oft von der auf den Abhängen befolgten allgemeinen Richtung ab, und zeigt so auf das schönste die durch die Bodenbeschaffenheit bedingten seitlichen Bewegungen des Eises an. Auf den Schichtenköpfen sind die Streifen ebenso bestimmt als auf den Flächen, und sie folgen, so wie die Striche auf den Rundhöckern der Alpengranite, genau allen Ungleichheiten der Felsen. An verschiedenen Orten, wo das Relief des Bodens besondere Bewegungen im Gletscher bedingt zu haben scheint, bemerkt man breite ebene Aus-

höhlungen mit genau umschriebenen Rändern, die ganz das Aussehen haben, als ob sie mit einer Hacke eingehauen worden wären.

Die ausgezeichnetsten Lokalitäten in der Umgebung Neuchatels sind die Flächen des Neocomien auf dem Mail, einem Spaziergange auf der Seeseite, und au Plan, am Vereinigungspunkte der beiden Straßen. Die schönsten Schliffe sind indeß in etwas größerer Entfernung von Neuchatel zu finden, wie bei Combettes oberhalb Landeron (s. Taf. 17), auf dem Portland über der Grenze der Weinberge und des Waldes; bei St. Aubin, unter den Mauern der alten Straße; und oberhalb Concise.

Sehr wichtig ist die Thatsache, daß sich die Felsschliffe mit ihren Streifen nicht nur auf den Abhängen des Jura, sondern auch überall, wo das Gestein fähig war, sie zu erhalten, in Mitten der Ebene sich finden, wie z. B. am Fuße des Hügels von Chamblon bei Yverdon. Es ist dies besonders deßhalb wichtig, weil schwimmende Eisberge, deren Anstoßen man ebenfalls die Streifen und Schliffe hat zuschreiben wollen, doch schwerlich auf dem Boden des Thales solche Wirkungen hätten hervorbringen können.

Aber nicht bloß auf dem Südabhange des Jura trifft man Felsenschliffe an. Ich habe sie mit allen ihren charakteristischen Kennzeichen in den Binnenthälern ebenfalls aufgefunden, nordöstlich von Bellegarde in dem Thale von Chézery und in der Umgegend des lac de Joux. Dagegen sieht man sie nie auf dem Boden der Längsthäler, welche sich zwischen den Abrissen der einzelnen geologischen Horizonte des Jura gebildet haben, noch auf

den hervorstehenden Schichtenköpfen welche dem Innern der Kette zugewandt sind, während auf mehreren solchen, gegen die Alpen gewandten Abrissen, wie längs der neuen Straße bei St. Aubin und am Schlosse von Vaumarcus, sich Schliffe finden.

Während so die Felsenschliffe des Jura bis in die kleinsten Einzelheiten, denen der Alpen vollkommen ähnlich sind, giebt ihnen doch die mineralogische Verschiedenheit des Gesteins, und noch mehr der so abweichende orographische Charakter der Ketten ein eigenthümliches Ansehen. Die Abhänge des Jura sind meistens durch die Schichtenflächen selbst gebildet und somit die breiten ebenen Schliffflächen hier weit häufiger als in den Alpen. Rundhöcker trifft man nur da wo die Schichtenköpfe der Einwirkung des Eises in größerer Erstreckung ausgesetzt waren, wie z. B. nahe beim Schießplatze von St. Blaise. In den Alpen dagegen sind die Rundhöckerfelsen bei Weitem gewöhnlicher als breite ebene Flächen; die unregelmäßig verworfenen Felswände der Alpenthäler bieten nur selten größere ebene Strecken, während alle Bedingungen zur Rundhöckerbildung sich in den mannichfaltigen Zerklüftungen der Alpengesteine vereinigt finden.

Ich glaube nicht, daß die Felsenschliffe des Jura mit den zuweilen polirten Saalbändern der Schichtenverwerfungen oder den Rutschflächen der Schichten verwechselt werden können. Doch will ich kurz ihre Unterschiede angeben. Die ersteren dringen schief oder vertikal durch die Schichten hindurch, sind nur hie und da, wo der eine Theil der zerworfenen Gesteine sich gesenkt hat, entblößt,

und bieten demnach nie eine große Oberfläche dar. Die letzteren nehmen oft ziemlich ausgedehnte Flächen ein, wenn die oberen Schichten, welche auf den unteren rutschten, abgehoben sind; allein die durch das Rutschen entstandenen Linien und Furchen, haben stets die Richtung der Schichtenneigung, was bei den Eisschliffen fast nie der Fall ist.

Wie schon oben bemerkt, haben die durch das Wasser hervorgebrachten Schliffe, mögen sie durch laufende Wässer oder durch die Wellenbewegung großer Wasserbecken entstanden sein, stets ein ganz eigenthümliches Aussehen. Im erstern Falle sind es gewundene Rinnen, welche der Richtung des Abhanges folgend, nach unten laufen, während die durch das Eis bedingten Rinnen von den Gesteinsverhältnissen abhängen, und alle möglichen queren und schiefen Richtungen behaupten. Die durch die Wogen ausgehöhlten Runsen, welche sich an den Ufern der Seen finden, bilden ungleiche, mehr oder minder tiefe Ausfurchungen, welche dem Uferfalle und der vorherschenden Wind- und Wellenrichtung folgen, wenn nicht eigenthümliche Uferverhältnisse eine Aenderung dieser Richtung bedingen. In der Umgegend von Neuchatel kann man leicht alle diese Verschiedenheiten der polirten Flächen kennen lernen, wenn man die Eisschliffe des Mail, die Erosionen der Seeufer unter dem Kirchhofe und die Ausspülungen der Schlucht des Seyon vergleichungsweise untersucht. Zudem ist die Wasserpolitur nie so glatt und glänzend als die Eisschliffe; sie zeigt Löcher und vorspringende Kanten, welche bei letzteren stets abgerundet und verflacht sind. Die Wirkungen des Wassers sind die-

selben, es mag Sand und Schlamm anschwemmen oder nicht, nur bilden sie sich im letzteren Falle langsamer.

Leider habe ich, seitdem ich mit diesen Untersuchungen mich beschäftige, die Meeresküste noch nicht besuchen können, um die Einwirkung der Ebbe und Fluth und der großen Strömungen auf die verschiedenartigen Gesteine kennen zu lernen; doch denke ich, werden sie nicht sehr von den an unseren Seeufern zu beobachtenden sich unterscheiden. Noch weniger habe ich untersuchen können, auf welche Art das Treibeis der Polarmeere z. B. auf die Ufer der See einwirkt; schwerlich indeß anders, als das unserer Flüsse. An den Ufern unserer Flüsse und Seen verschmelzen die Wirkungen des Wassers und Treibeises mit einander; indeß kann offenbar das letztere, da es schwimmt, nur in der Höhe des Wasserstandes eine Einwirkung ausüben, und die Schliffflächen, welche es hervorbringen könnte, müßten demnach schmale, dem jemaligen Wasserstande entsprechende Streifen, nicht aber große ebene Flächen darstellen, welche, wie die des Jura, die ganzen Abhänge und selbst den Fuß des Gebirges einnähmen.

Nur große Eismassen, welche unmittelbar auf dem Boden ruhten und sich über ihn hin bewegten, konnten mithin den Eisschliffen des Jura ihre eigenthümliche Beschaffenheit ertheilen. Wie in den Alpen verdanken die Streifen und Furchen ihre Existenz der Reibung des feinen Sandes und Grandes zwischen der felsigen Bodenfläche und dem Eise; und daß die Furchen am Jura häufiger vorkommen als in den Alpen, rührt von dem

einfachen Umstande her, daß die Schichten unserer Jurakalke von zahlreichen, mehr oder weniger gradlinigen Spalten zerklüftet sind, während die Granite und Schiefer der Alpen nur im Großen unregelmäßige Risse und Spaltungsflächen zeigen.

Die Richtung der Streifen und Furchen auf den Schliffflächen des Jura entspricht der Neigung der großen Schweizer Ebene von West nach Ost, da das dieselbe ausfüllende Eis sich in dieser Richtung bewegte.

Indeß sind die Felsenschliffe nicht nur in den engen Raum des Schweizergebietes eingeschränkt; in England, Schweden, den Vogesen, dem französischen Jura und auf den Südabhängen der Alpen gegen Italien hin, hat man sie schon aufgefunden und wird ohne Zweifel stets mehr und mehr Orte ihres Vorkommens entdecken.

Graf Lasteyrie ist meines Wissens der Erste, welcher sie in der scandinavischen Halbinsel beobachtete. *) Später beschrieb sie Alex. Brongniart **); am vollständigsten aber hat sie Sefström in jenen Gegenden untersucht ***), indem er besonders die Streifen der Felsschliffe ins Auge faßte, ihre gleichmäßige Erstreckung über große Flächen und ihre unveränderliche Richtung ver-

*) Journal des Sciences usuelles. Vol. 5. p. 6.

**) Annales des Sciences naturelles. Vol. 14. p. 17.

***) Untersuchung über die auf den Felsen Scandinaviens in bestimmter Richtung vorkommenden Furchen und deren wahrscheinliche Entstehung von Prof. Sefström. Poggendorff's Annalen. Bd. 43. S. 533.

folgte. Er geht von der Ansicht aus, ein großer, von Nord nach Süd sich wälzender Strom habe alle Gerölle, welche sich auf unserm Continente finden, von der nördlichen Erdhälfte hergeführt; diese Geröllfluth habe die Felsen abgerundet, geebnet, und durch ihren Grand und Sand jene auffallenden Streifen und Furchen eingeritzt, die seiner Aussage zufolge oft so scharf und fein wie mit Diamant geritzt sind. Merkwürdiger Weise bewahrt Seffström diese Ansicht, troß folgender, ihr durchaus widersprechender Beobachtung, die er selbst anführt. „Es gibt bei dem großen Fall der Dalelf unweit Avestad und auch bei dem sogenannten kleinen Fall verschiedene Felsen mit ausgezeichnet schönen Furchen, die gegen die dortige Richtung des Flusses einen Winkel von 75—86 Graden machen; deßungeachtet fließt die Dalelf über diese Furchen, vielleicht schon länger als die egyptischen Pyramiden stehen; sie führt beständig eine Masse Steine, Sand und Grand darüber hinweg, was natürlich eine Abnutzung hat zu Wege bringen müssen; aber dennoch ist diese während Jahrtausenden nicht so groß gewesen, daß die Deutlichkeit der Geröllfurchen dadurch an einigen Stellen gelitten hätte." Spricht diese Beobachtung etwa für die Ansicht einer Fluth? Gewiß erklären sich alle Erscheinungen, welche Seffström anführt, weit ungezwungener durch die Annahme von großen Gletschern, welche von Schweden her gegen Deutschland vorrückten, als durch Seffströms petridelaunische Geröllfluth, wie er sie nennt. Die Ansicht eines Stückes geschliffenen Gesteins, welches Elie de Beaumont von Berzelius erhielt, hat mich

überzeugt, daß solche große Gletscher in Schweden bestanden haben müssen, denn Politur und Streifen dieses Porphyrstückes stimmen vollkommen mit den in der Schweiz anzutreffenden Felsschliffen überein.

In Großbrittanien hat Sir James Hall Felsschliffe in den Umgebungen von Edinburg, Sedgwick und Buckland in den Grafschaften Westmoreland und Cumberland aufgefunden, und v. Verneuil, der mehrere dieser Lokalitäten besucht, hat mir ein Stück Bergkalk von Lancashire mitgebracht, welcher durchaus dasselbe Ansehen hat wie die Schliffe von Landeron.

Wie schon im ersten Kapitel erwähnt wurde, hat Renoir die wichtige Entdeckung von Spuren ehemaliger Gletscher und geschliffener Felsen mit Moränen, wie in den Alpen, in der Kette der Vogesen gemacht. Hauptmann Le Blanc hatte, ohne sie genauer verglichen zu haben, schon bei der Versammlung der geologischen Gesellschaft in Pruntrut auf die Aehnlichkeit zwischen den erratischen Blöcken von Giromagny und den Moränen aufmerksam gemacht, und neuerdings hat Hogard, dieser gründliche Kenner der Vogesen, Renoirs Beobachtungen bestätigt und erweitert. Da diese Beobachtungen die frühere Existenz von eigenen, nicht etwa von den Alpen herkommenden Gletschern in einer Gebirgskette darthun, worin jetzt keine Spur von ausdauerndem Schnee zu finden ist und welche nie als der Schauplatz früherer großer Wasserströme angesehen wurde, so haben sie einen um so höheren Werth für die Annahme allgemein verbreiteter Eisdecken.

Die übrigen, den Gletschern entsprungenen Erscheinungen, welche man im Jura wie in den Alpen beobachtet, sind:

Die Karrenfelder. Schon bei den alpinischen Karren haben wir gezeigt, wie diese Runsen nicht der direkten Einwirkung des Eises, sondern den unter demselben rinnenden Bächen ihre Entstehung verdanken. Diese, von Eisufern eingedämmten Bächlein bringen oft Erosionen des Grundes an solchen Stellen hervor, wo das Relief des Bodens an sich ihnen durchaus ungünstig sein mußte. Man findet sie an vielen Orten im Jura und meist an solchen Stellen, wo die wässrigen Niederschläge der Atmosphäre unmöglich hätten solche Runsen ausschürfen können, und wo nothwendig die Gewässer durch Uferwände, welche die Lokalität dominirten und sie dort festhielten, die aber seitdem verschwunden sind, eingeschlossen sein mußten.

Die auffallendsten Karren des Jura finden sich bei Chatillon oberhalb Bevaix, an dem Abhange von Bötzigen, neben der Straße von Biel nach Sonceboz und auf dem Gipfel des Marchairu im waadtländischen Jura in einer Höhe von 4490 Fuß über dem Meer. In den Runsen dieser Karren findet man noch ziemlich häufig Gerölle alpinischen Ursprungs.

Die sichtbarsten Unterschiede, welche man zwischen den alpinischen und jurassischen Karren bemerkt, werden hauptsächlich nur durch die orographische Verschiedenheit der beiden Ketten bedingt, da man sie hier auf weit ausgedehnten Flächen, dort meist nur auf Rundhöckern beobachtet.

Endlich findet man an mehreren Orten im Jura gewisse Runsen und trichterförmige Ausschürfungen, welche mehr oder weniger tief senkrecht in die Felsen eindringen, gleichförmig ausgehöhlte Wände haben, ganz wie die Ausspülungen von Wasserfällen, und doch nicht von Felswänden überragt werden, von welchen ein Bach hätte hinabstürzen können. Ohne Zweifel rühren diese Ausschürfungen von Wasserfällen her, welche sich zwischen dem Eise, welches früher den Jura bedeckte, auf den Grund hinabstürzten, so wie es heute noch in den Gletschern der Fall ist. Man trifft diese Runsen und Trichter meist da, wo auch Karren sich vorfinden, und gerade diese Verbindung spricht für die mir wahrscheinliche Entstehungsart dieser Erosionen. Die Riesentöpfe in Schweden sind wahrscheinlich ähnlichen Gletscher-Wasserfällen zuzuschreiben, wie ich schon oben erwähnte, und Sefström hat in seiner eben angeführten Schrift, wenn er sie auch einer andern Ursache zuschreibt, wenigstens nachgewiesen, daß viele derselben den Gewässern, wie sie heut zu Tage fließen, nicht zugeschrieben werden können.

Das vereinigte Vorkommen aller dieser so verschiedenen Phänomene, welche in den Alpen offenbar durch die Gletscher bedingt werden, und welche man nirgends sonst in ähnlichen Verhältnissen zu einander antrifft, führt uns natürlich zu dem Schluß, daß die Fündlingsblöcke, die Schliffflächen und die Karren des Jura ebenfalls der Einwirkung von Eismassen ihren Ursprung verdanken, ganz so wie wir aus demselben Phänomene auf eine frühere weit bedeutendere Ausdehnung der Gletscher in den Alpen

schlossen. Und leicht ist es in der That zu erweisen, daß alle diese Phänomene sowohl untereinander als namentlich auch mit der Fortschaffung der Fündlingsblöcke in der engsten Verbindung stehen, daß die Blöcke sich zu ihrer Unterlage von Grand und Gerölle genau so verhalten, wie die von den Gletschern verlassenen Blöcke zu der Geröllschicht, welche meistens das Bette der Gletscher bedeckt; daß diese Geröllschicht selbst das Werkzeug war, dessen sich der Gletscher zum Poliren seines Felsbettes bediente; daß die feinen Kiesel und Krystallstücke dieser Geröllschicht die polirten Flächen ritzten und streiften; und daß die unter dem Eise fließenden Gewässer und die durch seine Spalten stürzenden Wasserfälle die Karren und Wasserlöcher ausnagten. Wohl wenige, auf so große Strekken ausgebreitete Erscheinungen mögen in so enger Verbindung zu einanderstehen, und in allen einzelnen, ihr Ganzes zusammensetzenden Thatsachen so genau mit einander übereinstimmen; und wenn es überhaupt erlaubt ist, auf dem Wege der Induction eine Theorie aufzustellen, so mag wohl keine besser und folgerichtiger begründet sein, als die der Fortschaffung der erratischen Blöcke durch Eis.

Es bleibt uns daher nur noch die Frage über die Beschaffenheit, die Ausdehnung und den wahrscheinlichen Ursprung dieser Eismassen am Jura zu betrachten übrig. Herrn Venetz gehört, wie Jedermann weiß, das Verdienst, zuerst den innigen Zusammenhang der Gletscher mit den alten Moränen wissenschaftlich begründet zu haben. Charpentier verfolgte später diesen Zusammen-

hang nach allen Richtungen, und machte dabei auf eine Menge anderer Thatsachen aufmerksam, welche sich nur durch die Einwirkung des Eises genügend erklären lassen, wie z. B. die Karren, die Schliffflächen u. s. w., die meistens mit den alten Moränen zusammen vorkommen. Er verfolgte so die Spuren der Gletscher bis in weite Entfernungen; da er aber von der irrigen Meinung ausging, die Fündlingsblöcke des Jura seien ächte Moränen, so schloß er daraus, die Gletscher der Alpen müßten in früheren Zeiten eine weit größere Ausdehnung gehabt haben, so daß sie ihre Moränen bis auf den Gipfel des Jura schieben konnten. Um eine solche riesenhafte Ausdehnung der Gletscher in Einklang zu bringen mit den climatologischen Zuständen unseres Himmelsstriches, nahm er an, die Alpen müßten damals eine weit beträchtlichere Höhe erreicht haben, wodurch sie in den Stand gewesen wären, solche Gletscher zu unterhalten; als aber nach und nach die Alpenkette sich wieder gesenkt habe, hätten auch die Gletscher abgenommen und wären in die höchsten Alpenthäler zurückgetreten, wo wir sie noch jetzt antreffen. *)

So scharfsinnig auch diese Theorie sein mag, so spricht doch kein einziges der uns bekannten Phänomene für diese größere Höhe der Alpenkette. Zudem haben wir auch bei Gelegenheit der Form der Gletscher gesehen, daß ihre Länge weniger von der Höhe der Kuppen denen sie sich

*) J. de Charpentier, Notice etc. p. 18. Annales des Mines. Bd. 8.

anschließen, als von der Lage der Eismeere, deren natürliche Ausflüsse sie sind, abhängt. Ferner zeigt sich ein großer Unterschied zwischen den Lagerungsverhältnissen der alpinischen Fündlingsblöcke und denen des Jura. Erstere sind in der That meist nichts anders als Bruchstücke alter, mehr oder weniger zerstörter oder verschobener Moränen, welche eine frühere unverhältnißmäßig größere Ausdehnung der Gletscher andeuten; diese dagegen zeigen durch ihre Zerstreuung und Vertheilung in Zonen, daß sie einer anderen bewegenden Ursache ihre Lagerung verdanken, und es kann der Transport derselben, wenn sie wirklich (wie wir später erweisen werden) durch Eis an ihre Stelle geschafft worden sind, unmöglich durch eigentliche Gletscher, wie Charpentier will, bewerkstelligt worden sein; denn sie bilden weder lange Linien, wie Seitenmoränen eines in einem Felsthale eingeschlossenen Gletschers, noch Endmoränen, wie sie ein riesiger von den Alpen her durch die Schweizer Ebene gegen den Jura hinabsteigender Gletscher gehabt haben müßte. *) Welch ein ungeheurer Wall

---

*) Es gibt indessen im Jura wahre Moränen, welche man zwar noch nicht erwähnt, aber doch zu unterscheiden hat von den erratischen Blöcken. Man findet diese Moränen nur an den höchsten Gipfeln unseres Gebirges, und sie stammen offenbar aus einer Zeit, wo, nach dem Rückzuge der Eisfelder, durch welche die Fündlingsblöcke an den Jura gelangten, der Jura noch seine eigene Gletscher hatte. Die deutlichsten dieser jurassischen Moränen habe ich am Fuße der Dent de Vaulion, neben dem lac de Joux, nahe bei der Vereinigung der Straßen von Vallorbe und La Côte gesehen.

müßte es auch gewesen sein, der solchen Gletscher begränzte. Ferner, wären die Fündlingsblöcke nach Art der Moränen an den Jura gebracht worden, so müßten sie alle abgerundet sein, während die meisten ihre scharfen Ecken und Kanten beibehalten haben.

Endlich bleibt noch diese andere Schwierigkeit; will man die auf dem Südabhange des Jura gelegenen Blöcke für Moränen eines großen Gletschers ansprechen, so ist kein Grund vorhanden, warum man nicht auch den Transport der im Innern des Jura befindlichen, dem Gletscher zuschreiben, und überhaupt den Gletscher da voraus setzen sollte, wo Spuren von der Einwirkung des Eises vorhanden sind. Dann müßte aber der Gletscher sich nicht allein an die erste Kette angelehnt, sondern er müßte über mehrere der höchsten Ketten hinweggegangen sein. Eine solche Ausdehnung stünde aber in keinem Verhältniß mehr zu den Alpen, so hoch man sie sich auch denken möchte. Es scheint mir daher eine andere Erklärungsart nöthig, und ich glaube zwischen den Eisfeldern, welche den Raum zwischen Jura und Alpen erfüllten, und den eigentlichen Gletschern, welche in den Alpenthälern eingeschlossen waren, eben so gut unterscheiden zu müssen, als wir zwischen den alten Moränen und den aufgepflanzten Blöcken oder den alpinischen Fündlingsblöcken einerseits, und den wahren, außer dem Alpengebiete vorfindlichen Fündlingsblöcken andererseits unterschieden haben.

Meiner Ansicht nach kann nur auf folgende Weise das Ganze der eben auseinander gesetzten Thatsachen mit den Ergebnissen der Geologie in Einklang gebracht werden.

Zu Ende der geologischen Epoche, welche der Erhebung der Alpen vorherging, bedeckte sich die Erde mit einer ungeheuren Eiskruste, welche von den Polargegenden her über den größten Theil der nördlichen Halbkugel sich erstreckte. Die scandinavische und großbrittanische Halbinsel, die Nord- und Ostsee, das nördliche Deutschland, die Schweiz, das Mittelmeer bis zum Atlas, das nördliche Amerika und asiatische Rußland waren ein ungeheures Eisfeld, aus welchem nur die höchsten Spitzen der damals bestehenden Berge (die Centralalpen waren noch nicht) auftauchten und dessen Grenzen uns noch heute überall durch die Grenzen der erratischen Blöcke bezeichnet sind. Bei der Erhebung der Alpen wurde auch diese Eiskruste, wie alle anderen Gesteinsschichten, gehoben; die Trümmer, welche bei dieser Umwälzung von den erhobenen Gebirgen sich losrissen, fielen auf das Eis und wurden nachher auf seiner Oberfläche fortbewegt, wie noch heute die Blöcke der Moränen auf der Eisfläche der Gletscher, durch das wechselnde Aufthauen und Gefrieren und die daraus hervorgehende Dilatation der Masse ohne sich abzurunden, fortbewegt werden.

Durch die beständige Bewegung dieser Masse, welche wie unsere heutigen Gletscher, die Richtung der größten Neigung haben mußte, wurden alle beweglichen Gebilde unter ihr zerrieben und zermalmt bis zu einem feinen Sande; die festeren Felsen wurden polirt und die feinen Streifen in ihre glatte Oberfläche durch die härteren Körner des Sandes, welcher sich unter dem Druck eines so ungeheuren Gewichtes befand, eingeritzt. Zugleich wurden durch die

Wasserfälle und Strömungen unter dem Eise, die Karrenfelder und übrigen Rinnen auf dem Felsenboden bedingt.

Als nun die Alpen gehoben worden waren, erwärmte sich die Erdoberfläche von neuem; beim Schmelzen des Eises entstanden große Vertiefungen da, wo die Kruste am dünnsten war; Erosionsthäler wurden da in dem Boden eingegraben, wo am Grunde der Spalten die Ströme schmelzenden Eises zwischen ihren gefrorenen Wänden dahinflossen, und als das Eis weggeschmolzen war, blieben die großen eckigen Blöcke an Ort und Stelle auf der Geröll- und Sandschicht, über welche früher die Eisdecke sich hinbewegt hatte, zurück.

Durch diese Erklärungsweise scheinen mir alle Thatsachen, welche wir in dem Vorhergehenden beleuchteten, auf die ungezwungenste Weise zu einem großen Ganzen vereinigt; eine und dieselbe Ursache, welche noch heutzutage die ähnlichsten Wirkungen erzeugt, wird so den verschiedenen Erscheinungen zum Grunde gelegt und nicht nur schließt sich so die gesammte Menge dieser Phänomene auf das Genaueste an die übrigen, dem Gebiete der Geologie angehörigen Verhältnisse an, sondern es erlaubt auch diese Betrachtungsweise einen Schluß auf die Zeitperiode unserer Erdgeschichte, in welcher die Gesammtheit dieser Ereignisse zu setzen ist.

Eine in der Geologie allgemein anerkannte Wahrheit ist es, daß die Erhebung der östlichen Alpen die neueste aller Umwälzungen ist, durch welche das Bodenrelief

Europas umgestaltet wurde. *) Die Geröllmasse, welche man mit dem Namen des Diluviums oder des diluvianischen Terrains belegt, und welches sich hie und da über die ganze Oberfläche Europa's und des nördlichen Asiens und Amerikas verbreitet findet, ist die jüngste der Bildungen, welche durch diese Erhebung verschoben wurde, mithin älter als die Erhebung der Alpen sein kann. In dieser Schicht findet man die vielen Knochen großer Säugethiere, sämmtlich Geschlechtern angehörig, welche noch in der jetzigen Schöpfung fortbestehen, und deren diluvische Arten den lebenden selbst sehr nahe stehen. Aus dieser, in den Polargegenden gefrorenen Erdschicht stammen jene berühmten Reste vorweltlicher Elephanten, welche man noch zuweilen mit Fleisch, Haut und Haar erhalten in den Regionen des ewigen Eises findet. In seinen berühmten Untersuchungen über die fossilen Knochen zählt Cuvier **) eine Menge von Lokalitäten im Norden von Europa, Asien und Amerika auf, wo dieses Terrain fossile Knochen in Masse einschließt. Aus Pallas's Mittheilungen geht hervor, daß es in Sibirien beinahe kein einziges Revier giebt, wo nicht Elephantenknochen vorkämen. Die knochenreichsten Orte sind jedoch nach Cuvier, gewisse Inseln des Eismeeres im nördlichen Sibirien, gegenüber dem Ufer, welches die Mündung

*) Sur quelques unes des revolutions de la surface du globe par Elie de Beaumont. Paris 1830. p. 177.

**) Recherches sur les ossemens fossiles par G. Cuvier. Bd. 1. S. 202 der zweiten Ausgabe.

der Lena von der der Indigirka trennt. Die dem Continent am nächsten gelegene ist 36 Stunden lang. „Die ganze Insel, sagt der Berichterstatter von Billings Reise, mit Ausnahme von zwei oder drei kleinen felsigen Hügeln, besteht aus einem Gemenge von Eis und Sand und wenn durch anhaltendes Thauwetter ein Theil der Ufer zusammenstürzt, so findet man unter dem Schutt eine Menge von Mammuthknochen.“ *) In Sarytschew's Reise in das nordöstliche Sibirien, ist, nach Cuvier, von einem fossilen Elephanten die Rede, welcher am Ufer des Alaseia, eines Flusses, welcher jenseits der Indigirka in die Nordsee mündet, gefunden wurde. Er war durch den Fluß vom Ufer abgelöst worden, stand aufrecht, war fast ganz erhalten und von seiner Haut überdeckt, an welchen noch an mehreren Stellen lange Haare hafteten. Das merkwürdigste dieser fossilen Thiere ist aber der berühmte, von Adams an den Ufern der Lena entdeckte Elephant, welcher so gut erhalten war, daß Hunde mit seinem Fleische genährt wurden. **)

*) Cuvier, Ossemens fossiles. l. c. p. 151.

**) Die Geschichte dieses interessanten Fossils findet sich beinahe in allen geologischen Handbüchern. Da sie uns aber ganz besonders interessirt, so will hier ich einen kleinen Auszug davon aus Cuvier geben.

„Im Jahre 1799 bemerkte ein Tunguser Fischer am Ufer des Eismeeres, nahe bei der Mündung der Lena, eine ungestaltene Masse mitten im Eise. Er erkannte nicht was es war. Gegen Ende des folgenden Sommers war die eine Seite des Thieres und einer von den Zähnen

Diese Thatsachen führten Cuvier zu folgenden Schlüssen, die ich um so lieber mit den eigenen Worten des

---

von Eis entblößt. Erst im fünften Jahr nachher, da die Eismassen schneller als sonst weggeschmolzen waren, kam diese ungeheure Masse ganz zum Vorschein. Der Fischer nahm im März 1804 die Zähne weg, welche er für 50 Rubel verkaufte. Bei dieser Gelegenheit ward eine grobe Zeichnung von dem Thiere gemacht, welche mehrfach copirt wurde. Zwei Jahre darauf, sieben Jahre nach der Entdeckung, wurde Adams, damals Adjunct der Petersburger Akademie und Begleiter des Grafen Golovkin, welcher als russischer Gesandte nach China geschickt worden war, von der Begebenheit unterrichtet; er begab sich sogleich an Ort und Stelle, und fand das Thier schon sehr beschädigt. Die Jakuten aus der Nachbarschaft hatten das Fleisch weggenommen und ihre Hunde damit gefüttert. Wilde Thiere hatten auch davon verzehrt. Indessen war das Gerippe mit Ausnahme eines Vorderfußes unversehrt erhalten. Die Wirbelsäule, ein Schulterblatt, das Becken und Theile von den drei Füßen hafteten noch durch Bänder an der Haut. Das fehlende Schulterblatt fand man in einiger Entfernung. Der Kopf war mit einer trocknen Haut überzogen. Eins von den Ohren war mit einem Büschel Haare bedeckt; man erkannte selbst den Augapfel. Das Hirn lag in dem Schädel, war aber ausgetrocknet; die Unterlippe war zernagt; die Oberlippe war verschwunden, so daß die Kiefer deutlich sichtbar waren. Am Hals hingen lange Mähnen herab. Die Haut war mit schwarzen Haaren und einer röthlichen Wolle überzogen; was von der Haut übrig geblieben, war so schwer, daß zehn Mann es kaum tragen konnten. Man fand auch,

größten Naturforschers unserer Zeiten wiedergebe, als sie ganz den Ansichten entsprechen, zu welchen mich die Untersuchung der Gletscherverhältnisse geführt hat.

„Es ist somit sehr wahrscheinlich, daß die Elephanten, von welchen diese fossilen Knochen stammen, das Land bewohnten, wo man jetzt ihre Ueberbleibsel findet."

„Sie können nur durch eine Revolution, welche alle damals lebenden Individuen zu Grunde richtete, oder durch eine Veränderung des Klima, welche ihre Fortpflanzung hinderte, von der Erde vertilgt worden sein."

„Welche Ursache sie auch vernichtete, es muß eine plötzliche gewesen sein."

„Die trefflich erhaltenen Knochen und Elfenbeine der sibirischen Ebene verdanken ihre Erhaltung der Kälte, wodurch sie vor der Einwirkung der Elemente geschützt wurden. Wäre diese Kälte langsam und allmählich eingetreten, so hätten diese Knochen und noch mehr die wei-

---

nach Adams Aussage, mehr als 30 Pfund Wolle und Haare, welche die Eisbären in den Boden vergraben hatten, als sie das Fleisch verzehrten. Das Thier war männlichen Geschlechts. Seine Zähne waren über 9 Fuß lang, die Biegungen eingerechnet; der Kopf ohne Zähne wog über 400 Pfund. Adams verwandte die größte Sorgfalt darauf, alle Ueberreste dieses wunderbaren Zeugen einer früheren Schöpfung zusammenzutragen; später kaufte er die Zähne in Jakutsk. Der Kaiser von Rußland, welcher dieses kostbare Stück für 8000 Rubel ankaufte, hat es in der Petersburger Akademie aufstellen lassen. — Cuvier, Recherches sur les Ossemens fossiles. Bd. 1. p. 146.

chen Theile, von welchen man sie umgeben findet, Zeit gehabt, sich zu zersetzen und zu faulen, wie die, welche man in den gemäßigten und heißen Zonen findet."

„Ein ganzer Leichnam, wie der, welchen Adams entdeckt hat, wäre nicht mit Fell und Fleisch ohne Verderbniß erhalten worden, wenn er nicht unmittelbar von Eis, welches seine Zersetzung hinderte, eingehüllt worden wäre."

„Demnach fallen alle Hypothesen einer allmählichen Erkältung der Erde, einer durch ihre Neigung oder veränderte Axenstellung bedingten langsamen Veränderung der Erdtemperatur, von selbst dahin."

Der Kapitän Kotzebue erzählt eine ähnliche Beobachtung, welche er in der Eschscholtz-Bay zu machen Gelegenheit fand, mit folgenden Worten: *)

„Wir sahen hier die reinsten Eismassen von 100 Fuß Höhe, welche unter einer Decke von Moos und Grand bestehen, und nur durch eine furchtbare Revolution hervorgebracht sein konnten. Die Stelle, welche durch irgend einen Zufall eingestürzt, jetzt der Sonne und der Luft Preis gegeben ist, schmilzt und es fließt viel Wasser ins Meer."

„Ein unbestreitbarer Beweis, daß es Ureis war, was wir sahen, sind die vielen Mammuthknochen und Zähne, die durch das Schmelzen zum Vorschein kamen und worunter ich selbst einen sehr schönen Zahn fand. Ueber den

*) Entdeckungsreise in der Südsee und nach der Behringsstraße von Otto von Kotzebue. Weimar 1821.

Grund eines starken Geruches, welcher uns in dieser Gegend auffiel, konnten wir keine Aufklärung finden. (Faulende Thierstoffe?) Die Decke dieser Berge, auf welcher bis zu einer gewissen Höhe das üppigste Gras wächst, ist nur ½ Fuß dick, und besteht aus einer Mischung von Lehm, Sand und Erde."

In einem Anhange zur Reise des Kapitän Beechey bestätigt Buckland durch weitere Thatsachen die angeführten Erzählungen. Doch bemerkten die Offiziere dieser Expedition, daß die Lagerungsstätte der fossilen Knochen in der Eschscholtz-Bay eher eine gefrorne Sandschicht, als reines Eis sei.

Im Allgemeinen steht das Studium der Geschiebe, in der Schweiz wenigstens, in der engsten Verbindung mit den Gletschern. Diese Gebilde mit ihren zahlreichen Knochen, welche einer der unsrigen vorgegangenen Schöpfung angehören, liegen der Molasse und ihren Aequivalenten auf; von sehr verschiedener Natur, haben sie doch alle einen gemeinschaftlichen Charakter: sie zeichnen sich nämlich durch eine sehr unregelmäßige Schichtung aus, welche von Neuem durchwühlt, und untereinander geworfen scheint, und die großen Säugethierknochen, welche sie einschließen, sind selten abgerundet. Man trifft diese Geschiebe fleckenweise in den Niederungen auf der ganzen Fläche Europas und im Norden Amerikas, besonders

*) On the occurence of the Remains of Elephants and other quadrupeds, in the clifts of frozen mud, in Eschscholtz Bay etc. by the Revd. Buckland. 4.

aber in den Thälern welche durch Auswaschungen entstanden zu sein scheinen, wie in denen des Rheins, der Durance, des Arno, Po u. s. w. Vor der Erhebung der Alpenkette abgelagert, scheinen sie ihr heutiges verwirrt geschichtetes Ansehen entweder der unmittelbaren Einwirkung der Gletscher, oder den unter ihnen durchfließenden Gewässern zu verdanken. Jedenfalls dürfen sie nicht mit dem Geröllbett der Fündlingsblöcke verwechselt werden, obgleich sie oft die Materialien zu demselben geliefert zu haben scheinen. *)

Wenn nun durch die vergleichende Untersuchung der Fossile und durch die Kenntniß, welche wir von der eisigen Lagerungsstätte der großen Säugethiere im Norden besitzen, als erwiesen betrachtet werden kann, daß jene vereisten Diluvialterrains des Nordens identisch sind mit den Geröllschichten, worin die Knochen des Elephas primigenius im Mitten Europas angetroffen werden; wenn man ferner nicht zweifeln kann, daß die Katastrophe, welche diese Thiere tödtete, sie mit einem Schlage überfiel und daß diese Vernichtung von einer plötzlichen Temperaturerniedrigung begleitet war, so scheint mir dadurch auch erwiesen, daß die Thiere, deren Knochen in dem Di-

*) Bei Betrachtung der Aehnlichkeiten, welche das Geröllbett eines Gletschers mit diesen diluvianischen Formationen darbietet, möchte man versucht sein, die Bildung der letzteren ebenfalls einer Eisepoche zuzuschreiben, welche aber derjenigen, welche wir jetzt ins Auge fassen, vorangegangen, und vielleicht mit der Erhebung des älteren Montblanc gleichzeitig gewesen wäre.

luvium unserer Gegenden gefunden werden, durch dieselbe Ursache, die Kälte nämlich, getödtet und im Eise begraben wurden.

Da nun durch Elie de Beaumonts schöne Untersuchungen erwiesen steht, daß das Diluvium mit Elephantenknochen der Umgegend von Lyon, welches mit dem Diluvium des nördlichen Europas identisch ist, vor den östlichen Alpen abgelagert und bei deren Erhebung mit gehoben wurde, und da das von Kotzebue sogenannte Ureis mit seinen Knochen derselben gleichzeitigen Formation angehört, so folgt aus allen diesen Thatsachen, daß zu jener Zeit Europa von einer ungeheuren Eiskruste bedeckt war, welche die völlige Zerstreuung des Diluviums und die Erfüllung der Becken verhinderte, welche damals schon bestanden oder durch die Hebung der Alpenkette erst erzeugt wurden. So weit man Fündlingsblöcke antrifft, so weit mußte sich diese Eiskruste erstrecken und auf diese Weise werden auch diese Blöcke ein neuer Beweis für die von dem geistreichsten Geologen Frankreichs so glänzend erwiesene Thatsache, daß die Alpen die jüngste Gebirgskette Europas sind; denn jene aus ihnen herstammenden Trümmer liegen überall über, nicht unter den Schichten des Diluviums.

Eine Zeit eisiger Ruhe ging demnach jener furchtbaren Umwälzung voraus, welche die Alpen aus dem Schoße der Erde hervorbrechen ließ. Wo früher Heerden plumper Elephanten die üppigen Wälder eines tropischen Klimas durchstreiften, ungestalte Flußpferde in den schlammigen Seen sich suhlten, Rudel schnellfüßiger Hirsche vor

der Raubgier der vorweltlichen Löwen flohen; wo das Nashorn die von keines Menschen Hand gepflanzten Fluren niederstampfte und Hyänen die Leichen der Büffel und Rennthiere in ihre finstern Höhlen schleppten, um an faulendem Aase den gierigen Zahn zu weiden, da war die Ruhe des Todes eingetreten. Vernichtet war, was da lebte; erstickt durch die Eismassen die harmlosen Nager in ihren unterirdischen Höhlen; selbst der flüchtigen Fledermaus boten die Flügel keine Hoffnung des Entrinnens; ein kaltes Grab deckte ihre erstarrten Leiber. Kein Rauschen der Ströme, kein Säuseln der Blätter, kein Geschrei verfolgter Thiere mehr; — eine derbe Eismasse barg alle Töne unter ihrer vernichtenden Decke und nur die kalten Winde des Nordens schnoben über ihre Fläche und entführten in Wolken den feinen Staubschnee, welcher sich dort aufhäufte. Nicht mehr tauchte die Sonne ihr glänzendes Angesicht in die reinen Wellen des fluthenden Oceans, nicht mehr weckte ihr Anblick des Morgens die Bewohner der Wälder; eine öde Fläche nur warf ihre Strahlen zurück, und kein Laut begrüßte sie, als der Donner der Spalten, welche sich unter ihrem erwärmenden Einflusse öffneten. Der Tod war eingekehrt mit seinen Schrecken in einer mächtigen Schöpfung, er hatte sie vernichtet mit einem Schlage seiner gewaltigen Hand, um ein neues Geschlecht erstehen zu lassen, damit das Werk gekrönt werde durch die Erschaffung des Geschöpfes, welches allein fähig sein sollte, selbst dasjenige zu erschließen, was die Nacht der Vergangenheit den andern für ewig verhüllte.

Allein auch dieser Zustand hatte sein Ende. Das Innere der Erde fing an zu kochen unter seiner eisigen Decke, noch einmal erhoben sich die heißflüssigen Massen mit ungeheurer Gewalt, und unter der Eiskruste hervor brach die Kette unserer Centralalpen.

Diese Eiskruste, welche, mit Ausnahme einiger höherer Bergspitzen, die ganze Fläche Europa's bedeckte, ward selbst, wie jede andere Gesteinsformation, mit in die Höhe gehoben; die Trümmer, welche auf ihre Oberfläche fielen, wurden von den sie überragenden Spitzen des Montblanc, der älter als die östliche Alpenkette ist, und von den gerade sich erhebenden Kämmen der Alpen selbst losgerissen und bewegten sich auf der Oberfläche der Eismasse, welche die Schweizer-Ebene zwischen dem Jura und der neu entstandenen Kette erfüllte, gegen ersteren hin, wie auf jedem anderen Gletscher. Und da die Erscheinung der Alpen die klimatologischen Verhältnisse der Schweiz plötzlich änderte, so gab es nun, durch Jahres- und Witterungswechsel bedingt, häufige Oscillationen und Schwankungen in der Ausdehnung jener die Schweiz bedeckenden Eiskruste. Vor allen Dingen erhielt die Eismasse einen, der allgemeinen Bodenneigung zwischen den Alpen und dem Jura entsprechenden Fall; ihre Oberfläche, die wahrscheinlich vorher Firn war, verwandelte sich durch den Wechsel des Aufthauens und Gefrierens in Eis; ihr Niveau nahm allmählich ab, und zu gleicher Zeit fing der Rückzug an; die auf der Oberfläche fortbewegten Blöcke setzten sich nach und nach längs des Jura in im-

mer abnehmenden Höhen ab, bis endlich der Boden der Schweizer-Ebene aufgedeckt war und eine neue, den Bodenverhältnissen entsprechende Schöpfung zu leben begann.

Wenn indeß einerseits aus der Gleichzeitigkeit der diluvischen Bildungen und des Ureises des Nordens hervorgeht, daß die Eiskruste vor der Hebung der Alpen bestand, so beweist anderntheils die Stellung und der Zusammenhang der Moränen in den großen Alpenthälern, welche höchstens durch Bergbäche durchbrochen oder verschoben sind, daß diese Moränen auf den Alpen, wie sie jetzt bestehen, gebildet wurden, und daß letztere während des Rückzuges der Eismassen, welcher äußerst langsam und allmählich, eine geraume Zeit dauern mußte, keine Veränderung mehr erlitten haben können. Offenbar aber sind die Fündlingsblöcke Trümmer der durch die Hebung der Alpen entstandenen Spaltungen, gehören demnach einer früheren Bildungszeit als die Moränen, und einer spätern, als die Eiskruste an. Während sie gegen den Jura geschafft wurden, mußten unsere Seen, welche jetzt bestehen, entweder vor ihnen geschützt, oder noch nicht vorhanden sein. Allein schon oben wurde erwähnt, daß die alten Moränen welche man längs der Seeufer, wie neben einem alten Gletscher, angehäuft findet, ihre damalige Existenz beweisen und es scheint mir demnach erwiesen, daß unsere Seen durch die Erhebung der Alpen bedingt wurden.

Man wird die mannichfaltigsten Einwendungen gegen diese Theorie zu machen versuchen, und ich werde deßhalb im Voraus diejenigen bekämpfen, welche mir bis jetzt,

theils direkter, theils indirekter Weise zugekommen sind. Man hat gesagt, die Bodenneigung zwischen den Alpen und dem Jura sei zu gering, um einer solchen Eismasse eine ähnliche Bewegung, wie die eines Gletschers, mittheilen zu können. Ohne fragen zu wollen, ob der Fall des Bodens stärker wird, wenn man einen Wasserstrom annimmt, bemerke ich nur, daß der Unteraargletscher auf eine Länge von 5 Stunden (von dem Uebergange des Firns in Eis, bis zu seinem Ende), nur etwa 3000 Fuß Fall hat. Nimmt man nun die Höhe des jetzigen Firnmeeres der Berner-Alpen, bis zu welcher die alten Felsschliffe in den Hochthälern sich mehrfach erheben, zu 10,000 Fuß, die Höhe der Schliffe am Ufer des Vielersees, zu 3000 Fuß an, so ergibt sich auf eine Linie von 20 Stunden Länge (denn so weit mag es in gerader Richtung von dort zum Vielersee sein), ein Fall von 7000 F. mithin nicht ganz um die Hälfte geringer, als der des Unteraargletschers, welcher einen noch weit bedeutenderen Fall, als manche andere Gletscher besitzt, und selbst in seinem Verlaufe Stellen hat, welche noch weniger Bodenneigung besitzen, als die, welche unserer Eisdecke zugeschrieben werden muß. War aber, während des Rückzuges, der untere Rand des Gletschers, welcher den Vieler Jura polirte, bis zur Fläche des Sees hinabgesunken, so tritt er, wie man leicht sieht, ganz in das Verhältniß der gewöhnlichen Gletscher unserer Alpen. *)

---

*) Der Fall des großen Aletschgletschers beträgt nach Elie de Beaumonts Messungen 2° 58′; der des Eismeeres

Moussons Einwendung *), daß die Bewegung einer solchen Masse in einer bestimmten Richtung unmöglich sei, weil sich das Eis nach allen Richtungen hin ausdehne, fällt von selbst dahin, so bald es bewiesen ist, daß die damaligen Gletscher sich ebenso verhielten wie die heutigen, die doch auch, trotz der allseitigen Ausdehnung des Eises nur einseitig sich fortbewegen. Die Bemerkung des nämlichen Gelehrten, die Ernährung eines so ungeheuren Gletscherarmes durch ein verhältnißmäßig so kleines Firnmeer wie das der Alpen sei undenkbar, dient aber vielmehr zum Beweis, als zum Umstoß meiner Ansicht, denn gerade weil das Firnmeer der Alpen nicht mehr zu der Ernährung dieser Gletscher hinreichte, zogen sie sich allmählich in die ihnen durch die jetzigen klimatischen Verhältnisse bedingten Gränzen zurück, wo Ernährung und Verzehrung einander ziemlich das Gleichgewicht halten. Die Eiskruste, welche vor der Erhebung der Alpen bestand, brauchte aber zu ihrer Ernährung kein Firnmeer, da sie wahrscheinlich, wie die Gletscher der Polarmeeee, selber eins war.

Nach meiner Theorie erklärt sich die Vertheilung der Blöcke in Zonenhöhen, welche den verschiedenen geologischen Horizonten und Höhen, an welchen die Alpengesteine

---

von Chamouni, da wo der Tacul- und Léchaudgletscher zusammenstoßen 3° 15′; der der Pasterz in ihrem gleichförmigsten Theil 3° 20′. — Dufrénoy et Elie de Beaumont Mémoires. Bd. 4. S. 215.

*) Geologie von Baden. S. 90.

anstehen, entsprechen, ohne weitere Schwierigkeit; die aus tieferen Horizonten konnten erst dann von dem Eis fortgeschafft werden, als dieses bis zu ihrer Höhe gesunken war, und da zu dieser Epoche das Eis an dem Jura ebenfalls schon sich gesenkt haben mußte, so konnten die Blöcke nur in den niederen Zonen oder am Fuße dieser Kette anlangen.

Wenn ferner zur Unterstützung der Stromtheorie von v. Buch und Mousson angeführt wird, die aus dem Glarner Lande stammenden Blöcke des Limmatzuges mengten sich bei Geroldswyl mit den aus den kleinen Kantonen kommenden Blöcken der Reuß, so erklärt sich dies ebenso gut durch eine zwischen den beiden Gletschern dieser Thäler bestandene gemengte Mittelmoräne, welche sich mehr oder minder ausbreitete, als durch den Zusammenfluß zweier Ströme.

So lange diese große Eiskruste bestand, bedeckte sie sich, wie heut zu Tage unsere Firnkuppen, mit jährlichen Schneemassen; als aber der Rückzug begann, so mußten je nach den orographischen Verhältnissen, die höchsten Spitzen Mittelpunkte der Rückzugsbewegung werden, und so wurden die schweizerischen Alpen der Mittelpunkt, gegen welchen hin sich die Eiskruste der Schweiz und Ober-Italiens zurückzog, und von welchem aus die jurassischen Fündlingsblöcke ihren Weg nahmen, während die schwedischen Alpenketten der Mittelpunkt waren für jene ungeheuren Mengen erratischer Blöcke, welche in England, Deutschland, Polen und Rußland zerstreut sind, und von

welchen Pusch *) so interessante allgemeine Uebersichten geliefert hat.

Auf der andern Erdhälfte wiederholte sich dieselbe Erscheinung in den Felsschliffen und Fündlingsblöcken der nordamerikanischen Gebirgsketten. **)

Aehnliche Mittelpunkte der Bewegung wie in den Alpen, bildeten sich auch in andern Bergketten, die heut zu Tage ganz von Gletschern entblößt sind; es ergibt sich dies aus den Untersuchungen der Herren Renoir und Hogard über die polirten Felsen und die Moränen der Vogesen, und aus meinen eigenen Beobachtungen über die Dent de Vaulion im Jura, welche einstens ihren eigenen von jurassischen Blöcken begränzen Gletscher hatte, zu einer Zeit wo, aller Wahrscheinlichkeit nach, die alpinischen Eismassen nicht mehr die hohen Kämme des Jura erreichten.

Die erratischen Blöcke, deren Anordnung eine ganz eigenthümliche ist, können also schon darum keine Moränen sein, weil sich solche nur dann hätten bilden können, als die Eismassen sich in engere Thäler zurückgezogen hatten.

Während sich die Eismassen von der Schweizer-Ebene zurückzogen, entstanden natürlich durch die Schmelzung große Strömungen, welche bedeutende Auswaschungen zur Folge hatten. Es ist hier nicht der Ort, die Spuren

---

*) Geognostische Beschreibung von Polen. Bd. 2. S. 570.

**) On the polished limestone of Rochester by Prof. Chester Dewey. American Journal. Bd. 37. S. 241.

dieser Strömungen in der großen Schweizer-Ebene zwischen dem Jura und den Alpen ins Einzelne zu verfolgen. Immerhin aber muß die Gestalt der vielfachen abgerundeten Kuppen und Vertiefungen in gehörigen Betracht gezogen werden, wenn es sich darum handelt, die Ursachen der auf der Oberfläche unserer Tertiärgebilde stattgehabten Niveau-Veränderungen zu erforschen.

Mousson, welcher sich besonders mit dem Phänomen der Auswaschung beschäftigt hat, erkennt darin drei verschiedene Perioden; eine erste, welche der Nivellirung der Molasse entspreche; eine zweite, in welcher die hauptsächlichsten Thäler ausgewaschen worden seien; und eine dritte in welcher der Transport der erratischen Blöcke stattgehabt. Es geht aber aus dem früher Gesagten hervor, daß die Dinge in ganz entgegengesetzter Ordnung sich zugetragen haben. Die auf der großen Eisfläche fortgeführten erratischen Blöcke waren bereits an Ort und Stelle angelangt, als das Eis unten im Thale immer noch den Boden durchfurchte und Auswaschungen verursachte, welche sich nach dem gänzlichen Verschwinden des Eises als Thäler oder als Vertiefungen auf einem sonst gleichmäßigen Boden erhalten haben. Die größte Auswaschung längs des Jura, in der Molasse, scheint mir von großen Eisströmungen herzurühren, die etwa stattgefunden haben mögen, als das Eis, welches große Vertiefungen, wie z. B. die Schweizer-Seen, ausfüllte, sich auf einmal aufstauchte. Eisblöcke mögen dabei in große Entfernungen fortgeführt worden sein, wie dieß heut zu Tage noch im Norden geschieht; und das Nichtvorhandensein einer Sand- und Ge-

röllschicht unter den Blöcken, bis zu einer Höhe von 300 F. über dem See, macht es wahrscheinlich, daß die Strömung bis zu diesem Niveau gestiegen ist, und die genannte Schicht weggeschwemmt hat, denn in einer Höhe von 500 bis 600 Fuß ist dieselbe fast immer vorhanden. Es geht ferner daraus hervor, daß sich kein wichtiges geologisches Ereigniß seit dem Verschwinden der Eismassen zugetragen hat, denn sonst wäre diese Sand- und Geröllschicht nicht mehr vorhanden, die Schliffflächen hätten sich nicht so unversehrt und im Zusammenhang mit allen übrigen Gletscherphänomenen auf so weiter Strecke erhalten, und die Oberfläche müßte Spuren von den späteren Umwälzungen an sich tragen.

Die deutlichsten Spuren von Strömungen erkennen wir in den in der Schweizer-Ebene und den unteren Alpenthälern gelegenen Anhäufungen von ungeschichtetem Geröll- und Gletscherschutt, welcher von der Schmelzung jener großen Eismassen herrührt; das Aarthal bietet uns sehr lehrreiche Beispiele hiervon. Denselben Strömungen ist wohl noch zum Theil die Umgestaltung der Diluvialgebilde und die Zerstreuung der fossilen Knochen, welche sie einschlossen, zuzuschreiben; zum Theil mag sie aber auch von der Bewegung der Eismassen selbst herrühren. Der Löss des Rheinthals endlich, welcher nichts als eine Anhäufung von fein zerriebener Molassa ist, scheint mir das letzte Produkt der Eisströmungen zu sein; die Ablagerung desselben kann erst nach dem Transport des gröberen Gerölls, als schon die Strömung sich gemäßigt hatte, stattgefunden haben.

Bevor wir die Entstehung jener großen Eisdecke zu erklären versuchen, bleiben uns noch einige Betrachtungen anzustellen über das Verhältniß derselben zu den geologischen Phänomenen überhaupt. Dabei werden wir bisweilen ganz aus dem Bereich der Thatsachen treten, weßhalb ich auch diesem Theil meiner Untersuchungen weit weniger Werth beilege, als den in den vorhergehenden Kapiteln behandelten Gegenständen. Indeß für denjenigen, der sich nicht begnügen will, die Phänomenen der Natur einzeln und abgeschlossen zu erforschen, immerhin ist es Bedürfniß ein mehr oder minder direktes Band zwischen denselben aufzusuchen. Das Studium der Gletscher von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, muß uns daher veranlassen, deren Gesammtverhältnisse in irgend eine Beziehung zu der Geschichte unseres Erdkörpers zu bringen, und wenn dieß bis jetzt hinsichtlich der Gletscher noch nicht geschehen, so liegt nur darin der Grund, daß man in denselben nichts weiter als Eismassen, den höchsten Alpenkuppen und Thälern aufgelagert, gesehen hat.

Wenn man unsere Seen betrachtet, so könnte man sich wundern, daß die Menge von Sand, Geröll und Schlamm, welche immerwährend und besonders bei dem Wechsel der Jahreszeiten und nach jedem starken Regenguß hineingeschwemmt wird, dieselben noch nicht ausgefüllt hat, und daß diese Anschwemmung im Grunde so gering ist. Fragt man aber warum die ungeheuern Massen von grobem Geröll und riesenhaften Blöcken, welche in der Ebene zwischen den Alpen und dem Jura, am Fuße des letzteren Gebirgs und auf dessen Abhang überall zerstreut liegen,

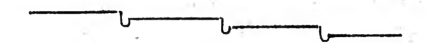
dieselben nicht ausgefüllt haben, warum ihre Ufer noch deutliche Spuren von Reibung und Polirung zeigen, so muß man gestehen, daß es hierzu keine andere Erklärung gibt, als die Annahme großer Eismassen, welche einstens diese Seen erfüllt, gerade so wie wir aus den Auswaschungen an andern Orten auf Einwirkung von Wassermassen schließen.

So wichtig indessen solche Einwirkungen sind, so hat doch die Erde in früheren Epochen weit bedeutendere Veränderungen erlitten, welche ihre ganze Oberfläche ergriffen und die auf ihr lebenden Organismen erneuert hat. Man hätte aber Unrecht, wollte man solche Veränderungen lediglich als unglückliche zerstörende Zufälle betrachten; sie sind zugleich Momente der Erneuerung in jener Reihe von Metamorphosen, welche die Erde erlitten, und von denen jede als eine Vervollkommnung des früheren und als eine Annäherung zur jetzt bestehenden Ordnung der Dinge erscheint. Die Oberfläche unsrer Erde ist nicht allein die Bühne, auf welcher die Tausende von Wesen, welche sie von je her bewohnt haben, nach einander ihre Rolle gespielt haben. Es herrschen nähere Beziehungen zwischen ihr und den auf ihr lebenden organischen Wesen; man kann sogar nachweisen, daß die Erde sich in Absicht auf sie entwickelt hat. Davon haben mich meine sämmtlichen paleontalogischen Untersuchungen überzeugt, deren Resultate ich in anderen Werken mittheilen werde.

Diese Betrachtungen führen uns natürlich zur Untersuchung des primitiven Zustandes unseres Planeten, und der Umwälzungen, die auf ihm sich ereignet haben. Die

Wissenschaft besitzt hinlängliche Thatsachen, welche voraussetzen lassen, daß die Erde sich anfangs in einem feuerflüssigen Zustande befunden hat; daß aber später, nachdem sie sich wieder erkältet hatte, ein flüssiger Ocean und eine Atmosphäre sich um ihre Oberfläche gelagert haben. Von der Zeit an bildeten sich geschichtete Ablagerungen. Lebende Wesen bevölkerten die Gewässer und das feste Land. Von Zeit zu Zeit aber brachen die feurigen Massen aus dem Innern der Erde hervor, wodurch ihre Oberfläche umgestaltet und der Haushalt der organischen Natur unterbrochen wurde. Die Untersuchungen Elie de Beaumont's haben uns in der That gelehrt, daß diese Umwälzungen mit der biologischen Geschichte der Erde innig verkettet sind, indem sämmtliche geologische Epochen durch Erhebungsphänomene, wobei jedesmal alle lebende Wesen vernichtet wurden, von einander getrennt sind. Indeß waren meines Erachtens diese Erhebungen nicht die unmittelbaren Ursachen des Untergangs der jedesmaligen Schöpfungen, welche nach einander die Erdoberfläche bewohnt haben. Wir haben oben gesehen, daß wenigstens die letzte derselben, diejenige welche der Erschaffung des Menschengeschlechts unmittelbar vorausging, im Eise eingehüllt wurde, ehe die Centralkette der Alpen sich erhob, und daß der Frost, welcher diese Eisanhäufung veranlaßte, plötzlich eingetreten sein muß, sonst hätten sich die Leichen der Elephanten von Sibirien unmöglich so gut darin erhalten können. Man hat mir oft entgegnet, die Annahme eines solchen Frostes, welcher die ganze Erde bis in großer Entfernung von den Polen mit einer solchen Eisdecke

überzogen hätte, sei im Widerstreit mit den so gut begründeten Thatsachen, welche eine fortwährende Abnahme der Temperatur seit den ältesten Zeiten bis in die Gegenwart darthun. Allein nichts spricht dafür, daß diese Temperaturabnahme fortwährend eine allmählige gewesen sei. Im Gegentheil, wer die Natur von einem physiologischen Gesichtspunkte aus zu betrachten gewöhnt ist, wird eher geneigt sein, anzunehmen, die Temperatur der Erde habe sich auf einem gewissen Grad während der ganzen Dauer einer geologischen Epoche erhalten, sei dann plötzlich am Ende einer jeden Epoche bedeutend gesunken, und habe dadurch den Untergang aller organischen Wesen bereitet; sie habe dann wieder zu Anfang der folgenden Periode zugenommen, wenn gleich zu einem geringern Grade, als in der vorhergehenden Periode, so daß man die Abnahme der Erdwärme durch folgende Linie ausdrücken könnte:



Das Phänomen der Temperaturabnahme zu Ende einer jeden geologischen Periode, könnte demnach gewissermaßen als analog der Erstarrung, welche bei dem Tod der Individuen eintritt, und die Temperaturerhöhung als parallel der Entwickelung einer eigenthümlichen Wärme in den sich bildenden Wesen angesehen werden.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, erscheinen uns jene ungeheuren Eisdecken, deren Spuren wir nachgewiesen haben, nur als ein untergeordnetes Phänomen der Erkältung der Erde, und ihre Mächtigkeit als abhängig

von dem Kältegrade, der eingetreten ist. Sie sind nur ein Moment in jener Reihe von Oscillationen, wodurch die Erde vom feuerflüssigen Zustand zu ihrer gegenwärtigen Temperatur gelangt ist.

Ich nehme daher an, daß die Temperatur der Erde große Schwankungen erlitten habe, welche sich mehrfach in der Erdgeschichte wiederholt haben; daß die größte Kälte immer am Ende der geologischen Perioden eingetreten ist; daß die Bildung jener großen Eisdecke, deren Ausdehnung wir theilweise durch die Fündlingsblöcke kennen, früher statt fand als die Erhebung der Alpen und daß erst nach dieser Erhebung, als die Temperatur schon wieder gestiegen war, die Eismassen in der Richtung der Bodenneigung von den Alpen zum Jura sich zu bewegen angefangen, bis sie sich später innerhalb der Alpen zurückgezogen haben, wo sie mehr oder weniger ihre heutige Gestalt erlangt und Moränen sich längs der sie einschließenden Thalwände abgelagert haben.

Was nun die Bildung dieser großen Eisdecken betrifft, so könnte man sie auf folgende Weise erklären. Als die Temperatur sank, strömte wahrscheinlich aller Wasserdunst aus den Aequatorialgegenden nach den Polargegenden hin, wo er sich unter der Form von Regen, Reif und Schnee niederschlug. Dadurch entstanden ungeheure Anhäufungen von Schnee und Eis, in denen die damaligen Thiere und Pflanzen eingehüllt wurden. Diese Eisdecke muß sehr mächtig gewesen sein; in der Schweiz wenigstens war sie gleich der Höhe, zu welcher die Fündlingsblöcke sich über die Ebene erheben. Uebrigens welche Meinung man

auch über die Entstehung dieser ungeheuren Eismassen haben mag, ihr einstiges Dasein wenigstens läßt sich nicht mehr in Zweifel ziehen.

Die Dauer dieser Eiszeit muß ebenfalls sehr bedeutend gewesen sein, indem sie die Erhebung der Alpen und jene sämmtlichen Phänomenen, welche das allmählige Zurücktreten der Eismassen bezeugen, in sich schließt.

Welche Einwendung man auch gegen diese Ansichten vorbringen mag, so glaube ich doch, daß in Folge der vielen und neuen Thatsachen, welche in diesem Buche enthalten sind, die Frage über die Bedeutung der Gletscher, ihre Einwirkung auf den Boden, ihre Bewegung von nun an in einem ganz andern Lichte, als früher erscheinen wird.

Erklärung der Tafeln.

Der Atlas zu diesem Gletscherwerke enthält 32 Tafeln, wovon 18 lithographirte und 14 Lineartafeln. Es sind darin die Gletscher der Schweizer-Alpen in ihrer mannichfaltigen Lage und Gestalt mit den sie begleitenden Phänomenen abgebildet. Zum genaueren Verständniß der besonderen Verhältnisse auf die es bei jeder Tafel ankommt, und ihrer Beziehungen zu den umgebenden Lokalitäten, habe ich den meisten Aussichten eine Linearzeichnung beigefügt, auf welcher die Hauptmerkmale des Gletschers besonders hervorgehoben und zugleich die Namen der benachbarten Hochkuppen aufgezeichnet sind. Die vier letzten Aussichten, welche eigenthümliche, die Einwirkung der Gletscher auf den Boden betreffende Phänomene darstellen, scheinen mir keiner besonderen erklärenden Tafel zu bedürfen.

Tafel 1 und 2. — Panorama der Gletscher des Monte-Rosa; östlicher Theil der Kette.

Diese zwei Tafeln stellen zusammen einen Theil der großen Monte-Rosakette, mit ihren Gletschern, wie man

sie von der Höhe des Riffels oberhalb Zermatt, in dem St. Nikolas Thal sieht, vor. Obgleich ich schon früher auf die Verhältnisse dieser merkwürdigen Bergkette und ihrer Gletscher aufmerksam gemacht habe, so halte ich es doch für nöthig, hier nochmals die Namen der einzelnen Kuppen und Gletscher aufzuführen, indem ich für das Allgemeine auf das oben S. 25 Gesagte verweise.

Der erste Gebirgsstock auf Taf. 1 links, ist das Gornerhorn, welches von Zumstein, vom Lesa-Thale aus, mehrere Mal bestiegen wurde. Sein Gipfel besteht aus mehreren Spitzen. Die auf der Lineartafel mit b bezeichnete, welche v. Welden die Zumsteinspitze nennt, ist 14,060 F. hoch. Die Spitze a, welche nicht erstiegen werden konnte, ist die höchste in der ganzen Kette; sie ist, nach Zumstein, ungefähr 270 Fuß höher als die Spitze a. (Von Welden gibt ihre Höhe auf 14,226 F., nach dem Mittel der bisher angestellten Messungen.) Die Spitze c scheint mir der Vincentspitze von Welden zu entsprechen. Links vom Gornerhorn ist ein großes Eisplateau, das Weißthor genannt, welches zwei Gletscher in das Zermattthal herabsendet, den Weißthorgletscher und den kleinen Gornergletscher. Der große Gornergletscher steigt von der Höhe des Gornerhornes selbst herab; im Thale angelangt wird er aber von den zwei eben genannten Gletschern auf die Seite geschoben und es entsteht auf diese Weise, am Fuße des großen Stockes, die erste schiefe Gufferlinie.

Der zweite Hauptstock auf Tafel 1 ist der eigentliche Monte=Rosa, von v. Welden Signalkuppe genannt. Er ist von dem Gornerhorn durch zwei Gletscher getrennt, den kleinen und den großen Monte=Rosagletscher, welche wieder durch eine Guffer, die kleine Guffer des Monte=Rosa von einander geschieden sind. Zwischen dieser und der Gufferlinie des Gornerhörnes bemerkt man eine zweite schiefe Guffer. Die entferntere, zwischen Gornerhorn und Monte=Rosa liegende, auf der Lineartafel mit einem * bezeichnete Kuppe dürfte wohl die Parrotspitze v. Weldens sein.

Der dritte Stock auf der Rechten von Tafel 1 ist der Lyskamm. Von dessen Höhe steigt ein großer Gletscher herab, welchen ich Lyskammgletscher nenne, und welcher nicht mit dem großen Lysgletscher im Lesathale auf der italienischen Seite zu verwechseln ist. Rechts vom Lyskamm, auf Taf. 2, sieht man das Breithorn, welches sich allmählich gegen Westen herabsenkt. Ein mächtiger, blendend weißer Gletscher, der große Breithorngletscher, steigt von seinem Gipfel zwischen zwei Felswänden herab; ebenso westlich zwei andere weniger breite, der erste kleine Breithorngletscher und der zweite kleine Breithorngletscher. Rechts vom Breithorn zeigt sich eine weniger hohe, während des Sommers meist von Schnee entblößte Spitze, das kleine Matterhorn, von Saussure auch Braunhorn (corne bruno) genannt; die Höhe dieser Spitze ist nach Saussure 2002 Toisen. Ein kleiner Gletscher, welchen ich Gletscher des kleinen Matterhorns nenne, kommt von seiner Höhe her-

ab, verbindet sich aber bald mit dem Fürkefluegletscher, von dem er nur durch eine Guffer getrennt ist. Die letzte Gebirgsmasse, rechts auf Tafel 2, ist die Fürkeflue, hinter welcher der St. Theodulgletscher sich erstreckt. Letzterer steht mit dem Fürkefluegletscher durch einen Einschnitt in den Grat genannt Auf-Platten in Verbindung, Der große schwarze Rand endlich, welcher rechts den Vordergrund von Tafel 2 einnimmt, ist ein Theil des Riffelhornes, von dessen Fuße aus das vorliegende Panorama aufgenommen ist.

Tafel 3. Zermattgletscher; oberer Theil, unterhalb des Riffels.

Diese Tafel stellt den Zermattgletscher in seinem mittleren Lauf dar, da wo sein Bett, nach Aufnahme der Breithorn-, Klein-Cervin- und Fürkefluegletscher, sich zwischen den beiden vorspringenden Massen, Riffel und Auf-Platten einengt Sein Fall ist hier schon bedeutend, weßhalb auch die Schründe breiter sind als weiter oben; zugleich fangen schon die Moränen an zusammenzufließen, wie dieses auf der Linearzeichnung besonders angedeutet ist.

Tafel 4. Zermattgletscher; mittlerer Theil.

Diese Aussicht ist am Fuße von Auf-Platten, auf dem linken Ufer des Gletschers, dem Riffelhorn gerade gegenüber, aufgenommen. Der Fall des Gletschers ist sehr stark an dieser Stelle, und deßhalb sind die Schründe sehr zahlreich und breit. Die Moränen fließen

immer mehr zusammen und bilden nur noch einige breite Streifen. Der Bergstrom, welcher hier dem Gletscher zufließt, kommt aus dem St. Theodulgletscher, welcher hinter Auf-Platten mündet; die ganze Oberfläche von Auf-Platten ist bis auf eine bedeutende Höhe polirt, ein Beweis, daß einst der Gletscher da aufgelegen hat.

Tafel 5. Zermattgletscher. Letzte Umbiegung des unteren Theils, von der Seite gesehen.

Wir haben hier eines der merkwürdigsten Gletscherphänomene vor Augen, nämlich die Art, wie sich die Richtung der Spalten ändert, wenn der Gletscher eine Biegung macht; die Spalten drehen sich gewissermaßen und die Querspalten werden auf der Seite des Rotationswinkels auf einmal zu Längsspalten. Diese Ansicht ist von Auf-Platten genommen, etwas tiefer als Taf. 4. Die einzelnen Moränen sind nur noch an der besondern Farbe ihres Gesteins kenntlich.

Tafel 6. Zermattgletscher. Unteres Ende.

Man sieht hier den Ausgang des Gletschers mit dem Thor aus dem die Visp hervorströmt. In der Ferne erblickt man die Eisnadeln, welche aus dem steilsten Theil des Gletschers hervorragen. In der Richtung dieser Eisnadeln sieht man ein zweites kleines Thor, aus dem ein kleiner Riesel hervorquillt, der sich aber bald wieder unter dem Gletscher verliert. Die Felsen auf dem rechten Gletscherufer sind nackt, abgerundet und polirt. Die Mittelmoränen sind von der Oberfläche des Gletschers

beinahe gänzlich verschwunden; nur hie und da sind noch einige Fetzen davon sichtbar. Die Seiten-Moränen dagegen sind sehr mächtig.

Tafel 7. Zermattgletscher. Seitenaussicht des unteren Endes.

Der Gletscher ist hier ganz in der Nähe gesehen, um einen Begriff von dem unebenen Aussehen des Eises zu geben, wenn es den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist. Die Schichtung ist ebenfalls deutlich sichtbar. Da an dieser Stelle das Eis nicht mit dem Boden zusammenhängt, so konnte ich darunter kriechen und sah deutlich wie, in Folge der täglichen Ausdehnung des Eises, die Politur des Felsens durch die allmählige Bewegung des Gletschers, bewirkt wird. Das Eis reibt wie eine Raspel auf den Felsen, und die kleinen im Eise eingebackenen Kiesel, bedingen die Streifen. Links sieht man in der Ferne dieselben Eisnadeln, welche schon auf Tafel 6 abgebildet sind.

Tafel 8. Polirte Kuppen am Rande des Zermattgletschers.

Wir haben hier ein schönes Beispiel von der abgerundeten bauchigen Gestalt jener Kuppen, welche Saussure roches moutonnées nennt, und wir Rundhöcker genannt haben. Da diese Rundhöcker unmittelbar am Rand des Gletschers gelegen sind, so kann man nicht umhin ihre besondere Form der Einwirkung des Eises zuzuschreiben; sie sind überdieß gerade so polirt und gestreift wie unter dem Eise selbst. Diese Ansicht ist von Auf-

Platten aus aufgenommen, an einer Stelle, wo der Gletscher sehr geneigt und folglich auch sehr geschründet ist.

Tafel 9. Vieschergletscher. Endmoräne (Sandecke).

Diese Tafel soll einen Begriff von einer Endmoräne und der Art wie sie den Ausgang des Gletschers umgränzt, geben. Der Bach hat sich einen Ausweg durch diesen Wall, welcher trotz seiner Höhe dennoch den Abfluß des Wassers nicht zu verhindern vermag, gegraben. Seitlich ist die Endmoräne mit der Sandecke verbunden, welche, so lange der Gletscher still steht oder im Vorrücken begriffen ist, eine direkte Fortsetzung derselben bildet. Unterhalb der Endmoräne ist der Felsen geschliffen und gestreift, woraus man schließen muß, daß sich einstens der Gletscher bis dahin erstreckt hat. Neben den Rundhöckern, deren Politur von der Einwirkung des Eises herrührt, sieht man auch am Rande des Baches, deutliche Spuren von Auswaschungen durch das Wasser bewirkt, welche sich leicht an ihrer unregelmäßigen Form erkennen lassen. Der Felsen ist hie und da wie ausgehobelt. Diese Lokalität ist um so merkwürdiger, als man hier die Einwirkung des Wassers und des Eises an der nämlichen Stelle vergleichen kann.

Tafel 10. Vieschergletscher.

Dieser Gletscher ist in seiner ganzen Länge zwischen steilen Wänden eingeschlossen. Sein Lauf ist sehr geschlängelt, und da seine Moränen mächtig sind, so erblickt man sie von Weitem wie eine Schlangenlinie auf der Ober-

fläche des Gletschers. Durch diesen gekrümmten Gang werden die Moränen und besonders die Mittelmoränen leicht auseinander geschoben und man sieht wie sich beinahe an jeder Umbiegung mehr oder minder breite Fetzen davon lostrennen. Die Länge dieses Gletschers ist sehr beträchtlich; er erstreckt sich bis an den Fuß der höchsten Kuppen der Berner-Alpen Diese Aussicht ist in einiger Entfernung vom Gletscher, am Rande des Baches welcher aus dem Aletschgletscher in den Vieschergletscher fließt, aufgenommen.

Tafel 11. Finnelen-Gletscher.

Dieser Gletscher ist oberhalb Zermatt im St. Nikolasthale gelegen, und hängt, wie der Zermattgletscher, mit dem großen Eisplateau des Monte-Rosa zusammen; statt aber wie letzterer westlich vom Riffel herabzusteigen, bildet er dessen östliche Umgränzung, so daß das Riffelplateau wie eine Insel zwischen beiden Gletschern eingeschlossen ist. Der Finnelen-Gletscher ist ein einfacher Gletscher, d. h. ein solcher, der nicht wie der Zermattgletscher aus der Vereinigung mehrerer Zuflüsse zusammengesetzt ist. Rechts erblickt man in der Ferne das Weißthor, welches von Zermatt nach Macugnaga führt.

Tafel 12 Aletschgletscher und See.

Diese Tafel stellt eins der merkwürdigsten Phänomene der Gletscher dar. Der Aletschgletscher, einer der größten der Schweiz, steigt von den Kuppen der Berner-Alpen in das Wallis herab, wo er oberhalb dem Dorfe Möril mündet. Sein Lauf ist von Nord nach Süd gerichtet;

gegen sein Ende jedoch stößt er auf das Bedmerhorn, wodurch er westlich abgelenkt wird. Gerade in der Umbiegung befindet sich ein Einschnitt, in welchem der Aletsch- oder Mörilersee gelegen ist. Dieser See war früher weit größer als gegenwärtig, und es geschah oft, wenn Schnee und Eis plötzlich wegschmolzen, daß die ganze Wassermasse sich mit Ungestüm unter dem Gletscher selbst entleerte und große Ueberschwemmungen unten im Thale verursachte. Diesem Uebelstande abzuhelfen, hat man dem See einen künstlichen Abfluß gegen den Vieschergletscher gegraben, so daß das Wasser nun nicht mehr über ein bestimmtes Niveau sich erheben kann. Die Eismassen ruhen nicht unmittelbar auf dem Wasser, sondern man bemerkt zwischen beiden einen Zwischenraum von mehreren Zollen, welcher der abschmelzenden Kraft des Wassers, dessen Temperatur im Sommer stets über 0 steht, zugeschrieben werden muß. Oefters lösen sich große Eisblöcke von der Gletschermasse ab, welche dann wie die Eisinseln des Nordens auf dem See herumschwimmen und deren Wände im schönsten Meergrün strahlen.

Tafel 13. Fig. 1. Schichtung des St. Theodul-Gletschers.

Diese Tafel soll einen Begriff von der Schichtung des Gletschereises geben. Diese Schichtung zeigt sich besonders deutlich auf den steilen Wänden, von denen sich Eismassen frisch abgelöst haben. Die Felsen unten am Fuße sind geschliffen und gestreift.

Fig. 2. Verhärteter, zerklüfteter Schnee, mit Flecken frischen Schnees.

Dieses Aussehen haben die Gletscher ziemlich häufig im Sommer, wenn der frisch gefallene Schnee noch nicht gänzlich weggeschmolzen ist; er bildet alsdann lange, blendend weiße Streifen auf der dunkeln mehr oder weniger schmutzigen Oberfläche des Gletschers.

Tafel 14. Unter-Aargletscher. Oberer Theil mit der Hütte des Herrn Hugi.

Man sieht hier den Zusammenfluß zweier großer Gletscher, des Lauteraar- und Finsteraargletschers, welche durch ihre Vereinigung den Unteraargletscher bilden. Die abgebildete Hütte wurde ursprünglich von Hrn. Hugi am Fuße des Abschwungs erbaut; gegenwärtig ist sie 4600 Fuß davon entfernt. Durch das beständige Vorrücken des Gletschers in der Richtung seiner Abdachung, wurde sie bis in diese Entfernung gebracht. Den großen Granitblock welcher daneben steht, erkennt man von weitem an seiner grauweißen Farbe, während die übrige Guffer, aus Glimmer- und Chloritschiefer zusammengesetzt, ein schwarzbraunes Aussehen hat. Neben der großen Guffer sind noch einige kleinere und einige Gletschertische sichtbar. Der der großen Guffer zunächst liegende Tisch, ruht auf einer 4 bis 5 F. hohen Säule. Der Abschwung welcher damals mit Schnee bedeckt war, ist nicht gewöhnlich im Sommer beschneit; auch ist er an seinem vorderen Ende kaum mehr als 8000 F. hoch. Rechts vom Abschwung erheben sich die zahlreichen Spitzen der Schreckhörner oder Lauteraar-

hörner, von denen der Lauteraargletscher herab kommt, und links das riesige Finsteraarhorn.

Tafel 15. Abgerundete, polirte und gestreifte Kuppen oberhalb der Handeck.

Diese kuppenförmigen Felsen sind gerade so zugerundet und abgeschliffen, wie die am Rande des Zermattgletschers (siehe Tafel 8); und doch findet sich gegenwärtig kein Gletscher weder an diesem Orte, noch in dessen Nähe, woraus man schließen muß, daß die Gletscher früher eine weit größere Ausdehnung gehabt haben.

Tafel 16. Helle Platte bei der Handeck.

Diese, eine kleine halbe Stunde oberhalb der Handeck gelegene Lokalität, ist durch die auffallende Politur der Felsen auf einer weiten Strecke ausgezeichnet; das Gestein ist sehr harter Gneiß.

Tafel 17. Polirte Felsen bei Landeron.

Der Ort wo diese Schliffe vorkommen, ist auf dem südlichen Abhange des Jura, 3 Stunden von Neuchatel und mehr als 20 Stunden von den nächsten Gletschern entfernt. Die ganze Oberfläche des Jura auf der Alpenseite ist mehr oder weniger auf dieselbe Weise abgeschliffen, und auf diesen Schliffen bemerkt man sehr deutliche Streifen, welche in senkrechter Richtung mit der Abdachung des Berges laufen, und daher unmöglich anders als durch eine langsame Bewegung großer Eismassen in der Richtung des Juras hervorgebracht sein können.

Tafel 18. Fragmente polirter Felsen.

Die hier abgebildeten Bruchstücke stammen von ganz verschiedenen, von einander sehr entfernten Lokalitäten, und dennoch zeigen sie dieselbe Politur mit denselben Streifen, welche niemals auf den durch das Wasser polirten Flächen vorkommen. Fig. 1 ist grobkörniger schiefriger Serpentin; ich habe mit vieler Mühe das Bruchstück unter dem Zermattgletscher, an der auf Taf. 7 abgebildeten Stelle abgehauen. Fig. 2 ist ebenfalls schiefriger Serpentin, aber sehr feinkörniger, weßhalb auch die Streifen so deutlich sind. Zugleich aber ist ihre Richtung bei weitem ungleichförmiger; sie durchkreuzen sich sogar auf sehr mannigfaltige Weise, und lassen mithin auf bedeutende Veränderung in dem Zustande der früheren Gletscher, welche sie erzeugt haben, schließen. Ich habe dieses Bruchstück auf der Höhe des Riffelplateau, 600 F. über dem jetzigen Niveau des Zermattgletschers, von der Oberfläche abgelöst. Fig. 3 u. 4 sind Liasfragmente, unter dem Rosenlauigletscher abgelöst; man bemerkt darauf außer den Streifen Spuren von jenen Kratzen (S. 181), welche von der Quetschung des Gesteins durch die kleineren im Eise eingebacknen Kiesel herrühren. Fig. 5 ist oberer Jurakalk (Portlandstein) von Landeron bei Neuchatel. Die Politur dieses Bruchstücks ist so vollkommen, daß man genau die Durchschnitte der im Gestein eingebacknen Fossile darauf erkennt, unter andern einen sehr deutlichen Durchschnitt von einer Nerinea (Nerinea suprajurensis). Die Streifen sind ebenfalls sehr deutlich.

Inhaltsverzeichniß.

Verbesserungen.

Seite 31 Zeile 3 von unten lies keiner statt keine.
" 35 " 13 " oben " der in Eis sich umwandelnden Schneemassen statt der in Schnee sich wandelnden Eismassen.
Seite 36 " 9 von oben lies vorhanden statt vorhangen.
" 38 " 14 " " " sei statt seien.
" 81 " 2 " oben ist und wegzulassen.
" 86 " 1 " unten lies erscheinen statt erscheint.
" 87 " 1 " oben " strahlen statt strahlt.
" 99 " 15 " " " anschließen statt einschließen.
" 129 " 5 " unten " auf diesen statt auf dieser.
" 145 " 2 " " " Nr. 12 statt Nr. 11.
" 172 " 2 " " " unmittelbar statt mittelbar.
" 210 " 8 " oben " Chermontanaz statt Chernontanaz.
" 258 " 14 von oben l. Molassehügeln st. Malassahügeln.
" 258 " 15 " " " Medium statt Meadium.
" 269 " 8 " unten " wie über die übrigen statt wie die übrigen.
" 296 " 10 von unten sind die Worte welche jetzt bestehen wegzulassen.
" 297 " 8 von unten lies eine geringere statt weniger.





